



## ชุดอุปกรณ์แจ้งเตือนการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ

โดย

นายชนโชค ศรีสุวรรณ B5503353

นางสาวณัฏฐ์นรีย์ คำจันทร์ B5518180

นายศุภฤกษ์ ทองขาว B5536498

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาวิชา 527499 โครงการศึกษาวิศวกรรมโทรคมนาคม

ประจำภาคการศึกษาที่ 1 ปีการศึกษา 2558

หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม หลักสูตรปรับปรุง พ.ศ. 2554

สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

# ชุดอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ

คณะกรรมการตรวจสอบโครงงาน

---

(รองศาสตราจารย์ ดร. มนต์ทิพย์ภา อุฑารสกุล)

อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงาน

---

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ วาณิชอนันต์ชัย)

กรรมการ

---

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วิภาวี หัตถกรรม)

กรรมการ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี อนุมัติให้นับรายงานโครงงานฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม รายวิชา 527499 โครงงานวิศวกรรมโทรคมนาคม ประจำปีการศึกษา 2558

โครงการ	ชุดอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ		
ผู้ดำเนินงาน	1. นายธนโชค	ศรีสุวรรณ	B5503353
	2. นางสาวณัฏฐ์นรี	คำจันทร์	B5518180
	3. นายศุภฤกษ์	ทองขาว	B5536498
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อูทาสกุล		
สาขาวิชา	วิศวกรรมโทรคมนาคม		

---

## บทคัดย่อ

เนื่องจากในปัจจุบันมีการโจรกรรมรถ ซึ่งนำมาด้วยความสูญเสียทรัพย์สินที่มีราคาสูง ทำให้โครงการนี้เกิดขึ้นมาเพื่อช่วยในการป้องกันการสูญหายของยานพาหนะโดยเฉพาะผู้ที่จอดยานพาหนะไว้นอกบ้าน หรืออีกปัญหาที่ผู้จัดทำโครงการเห็นได้ชัดจากการที่นักศึกษาจอดรถยนต์ไว้ที่หอพักของทางมหาวิทยาลัย ซึ่งอาจมีการดูแลรักษาความปลอดภัยได้ไม่ทั่วถึงจึงเกิดการสูญหายของรถยนต์ โครงการนี้จึงได้นำเสนอการสร้างชุดอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยเสียงโดยอาศัย ZigBee และ GSM Module เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ควบคุมการทำงานโดยการเขียนคำสั่งด้วยภาษาซี พร้อมทั้งทดลองการใช้งานในสภาพแวดล้อมต่างๆ เช่น ที่โล่งแจ้ง ที่จอดรถที่มีสิ่งกีดขวาง เช่น อาคาร ต้นไม้ เป็นต้น

โครงการนี้เป็นเพียงอุปกรณ์ต้นแบบโดยใช้ ZigBee SZ-05 Pro เชื่อมต่อกัน เพื่อทำการรับส่งข้อมูลระหว่างอุปกรณ์ตัวรับและอุปกรณ์ตัวส่ง มีวงจรเสียงสำหรับส่งเสียงแจ้งเตือนและ GSM Module ทำหน้าที่ส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน และใช้บอร์ด Arduino UNO เพื่อควบคุมการทำงาน

สำหรับการกำหนดค่าให้อุปกรณ์ ZigBee แต่ละตัวเพื่อทำการรับส่งข้อมูลนั้น สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรม HyperTerminal และใช้ภาษาซีในการพัฒนาโปรแกรมเพื่อเชื่อมต่อ ZigBee กับบอร์ด Arduino

## กิตติกรรมประกาศ

การทำโครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากผู้มีพระคุณหลายๆ ท่าน จึงทำให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี และยังส่งผลให้คณะผู้จัดทำได้รับความรู้และประสบการณ์ในด้านต่างๆ มากมาย คณะผู้จัดทำจึงใคร่ขอขอบพระคุณเป็นอย่างยิ่ง ซึ่งคนแรกที่จะลืมไปไม่ได้เลยคืออาจารย์ที่ปรึกษาโครงการ รองศาสตราจารย์ ดร.มนต์ทิพย์ภา อูทาสกุล สาขาวิชาวิศวกรรมโทรคมนาคม ผู้ที่คอยให้ความช่วยเหลือและความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงการ การดูแลเอาใจใส่ติดตามโครงการของเราและให้คำปรึกษาในทุกๆ ด้านแก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด และคณะผู้จัดทำขอขอบคุณผู้ที่เกี่ยวข้องอื่นๆ ดังนี้

ขอขอบคุณอาจารย์ประจำสาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกท่าน ที่อบรมสั่งสอนให้ความรู้แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอดและสามารถนำความรู้มาใช้ในการทำโครงการนี้

ขอขอบคุณ คุณปัญญา หันตุลา ที่เป็นผู้ให้คำปรึกษาในด้านของ ZigBee และบอร์ด Arduino อีกทั้งยังคอยให้คำแนะนำในการเขียนโปรแกรมอีกด้วย

ขอขอบคุณเพื่อนๆ พี่ๆ และน้องๆ สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคมทุกๆ คนที่คอยให้ความช่วยเหลือในด้านต่างๆ แก่คณะผู้จัดทำมาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงการขอขอบพระคุณคุณบิดาและมารดา ที่ท่านทั้งสองให้การดูแลเอาใจใส่เลี้ยงดูและคอยเป็นกำลังใจเคียงข้างมาโดยตลอด ทำให้โครงการนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ

นายธนโชค ศรีสุวรรณ

นางสาวณัฐนรีย์ คำจันทร์

นายศุภฤกษ์ ทองขาว

## สารบัญ

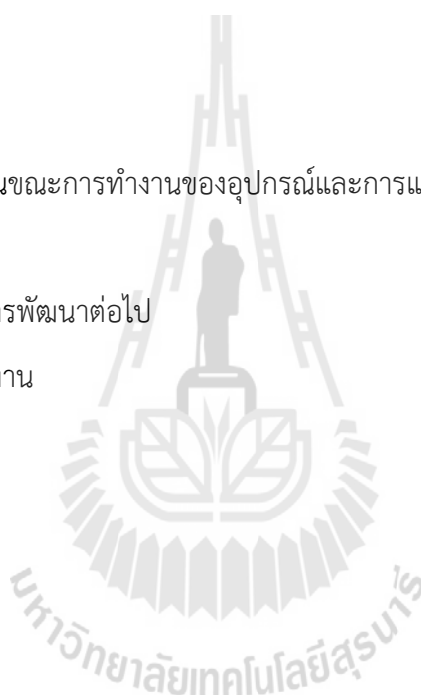
เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญตาราง	ซ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์	2
1.3 สมมติฐาน	2
1.4 ขอบเขตการศึกษา	2
1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
1.7 นวัตกรรมของผลงาน	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง</b>	4
2.1 กล่าวนำ	4
2.2 ทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย	5
2.3 Zigbee	9
2.3.1 หลักการทำงานของ Zigbee	10
2.3.2 โครงสร้างโปรโตคอลของ Zigbee	11
2.3.3 ชนิดของอุปกรณ์ Zigbee	11
2.3.4 คุณสมบัติของ Zigbee	12
2.3.5 การเชื่อมต่อโครงข่ายไร้สาย	12
2.3.6 Zigbee รุ่น SZ 05-PRO	14
2.4 GSM module	23
2.4.1 หลักการทำงานของ SIM800L	23
2.4.2 คุณสมบัติของ SIM800L	23
2.4.3 GSM module SIM800L	24
2.5 สายอากาศ	24

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
2.5.1 ลักษณะทั่วไปในการทำงานของสายอากาศ	25
2.5.2 ลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุ	25
2.5.3 ประเภทของสายอากาศ	25
2.5.4 สายอากาศแบบเส้นลวดตรง	26
2.6 บอร์ด Arduino	27
2.6.1 Arduino UNO R3	27
2.6.2 Arduino MEGA 2560	28
2.7 โปรแกรม Arduino 1.6.3	30
2.7.1 โปรแกรมคำสั่งของตัวรับ	30
2.7.2 โปรแกรมคำสั่งของตัวส่ง	34
2.7.3 การตั้งค่า และการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Arduino 1.6.3	35
2.7.4 ปุ่มหลักของโปรแกรม Arduino	37
2.8 การสูญเสียของการแพร่กระจายคลื่นในตัวกลางอากาศ	39
2.8.1 สมการส่งของฟรีส	39
2.8.2 การสูญเสียในอากาศ	41
2.9 การสูญเสียเนื่องจากสิ่งกีดขวาง	42
2.10 กล่าวสรุป	43
<b>บทที่ 3 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบและผลการทดสอบอุปกรณ์</b>	<b>44</b>
3.1 กล่าวนำ	44
3.2 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ	44
3.2.1 ชุดอุปกรณ์ภาคส่ง	45
3.2.2 ชุดอุปกรณ์ภาครับ	46
3.2.3 การทำงานระหว่างอุปกรณ์ภาครับ และภาคส่ง	47
3.3 การติดตั้ง และการใช้งานชุดอุปกรณ์ ก่อนการทดสอบ	48
3.4 ผลการทดสอบ	50
3.4.1 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ความเร็วต่างกัน	50
3.4.2 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพแวดล้อมต่างกัน	52

## สารบัญ (ต่อ)

เรื่อง	หน้า
3.4.3 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพอากาศต่างกัน	58
3.4.4 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ตัวรับอยู่ในอาคารและ นอกอาคาร	61
3.4.5 เวลาในการส่งข้อมูลแจ้งเตือน GSM Module เมื่อตัวรับและ ตัวส่งขาดการติดต่อ	64
3.5 กล่าวสรุป	66
<b>บทที่ 4 ข้อเสนอโครงการ</b>	67
4.1 บทนำ	67
4.2 ปัญหาที่พบในขณะการทำงานของอุปกรณ์และการแก้ไข	67
4.3 ข้อเสนอแนะ	68
4.4 แนวทางในการพัฒนาต่อไป	68
4.5 บทสรุปโครงการ	68
เอกสารอ้างอิง	
ประวัติผู้เขียน	



## สารบัญรูปภาพ

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 2.1 เครือข่ายแบบดาว (Star Topology)	6
รูปที่ 2.2 เครือข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology)	7
รูปที่ 2.3 เครือข่ายแบบเมช (Mesh Topology)	8
รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ ZigBee	10
รูปที่ 2.5 โครงสร้างโพรโตคอลของ ZigBee	11
รูปที่ 2.6 เครือข่ายแบบดาว	12
รูปที่ 2.7 เครือข่ายแบบกลุ่มแผนภาพต้นไม้	13
รูปที่ 2.8 เครือข่ายแบบเมช	13
รูปที่ 2.9 ขาของอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO	14
รูปที่ 2.10 หน้าจอของการตั้งค่าพารามิเตอร์	16
รูปที่ 2.11 หน้าต่างการตั้งค่าเริ่มต้น	22
รูปที่ 2.12 GSM Module SIM 800L	24
รูปที่ 2.13 บอร์ด Arduino UNO R3	27
รูปที่ 2.14 บอร์ด Arduino MEGA 2560	28
รูปที่ 2.15 หน้าต่างส่วนประกอบของโปรแกรม	29
รูปที่ 2.16 หน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม Arduino	35
รูปที่ 2.17 วิธีการตั้งค่าบอร์ด Arduino	36
รูปที่ 2.18 คู่มือที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino	36
รูปที่ 2.19 วิธีการตั้งค่าพอร์ต	37
รูปที่ 2.20 ปุ่มหลักที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม Arduino IDE	37
รูปที่ 2.21 ระบบการสื่อสารไร้สายอย่างง่าย	40
รูปที่ 2.22 สายอากาศไอโซทรอปิกสองตัววางห่างกันเป็นระยะทางเท่ากับ R ( $r = R =$ ระยะทาง)	41
รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ภาคส่งและอุปกรณ์ภาครับ	44
รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ภาคส่ง	45
รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino UNO R3 กับ ZigBee รุ่น SZ05 Pro และแบตเตอรี่	46
รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ภาครับ	46
รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อภายในอุปกรณ์ภาครับ	47
รูปที่ 3.6 บริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ภาครับภายในอาคารที่ทดสอบ	48
รูปที่ 3.7 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาคส่ง	49



## สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

รูปภาพ	หน้า
รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ภาครับ	49
รูปที่ 3.9 ถนนบริเวณสระสามแสน	51
รูปที่ 3.10 การติดตั้งภาคส่งภายในรถยนต์	51
รูปที่ 3.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับที่ความเร็วต่างๆ	52
รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์ภาครับ	53
รูปที่ 3.13 จุดที่ 1 ถนนบริเวณสนามเทนนิส	53
รูปที่ 3.14 จุดที่ 2 บริเวณลานวัฒนธรรม	54
รูปที่ 3.15 จุดที่ 3 ถนนบริเวณทางไปฟาร์มมหาวิทยาลัย	54
รูปที่ 3.16 จุดที่ 1 บริเวณลานจอดรถยนต์อาคารเรียนรวม 1	55
รูปที่ 3.17 จุดที่ 1 บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์อาคารเรียนรวม 1	55
รูปที่ 3.18 จุดที่ 2 บริเวณลานจอดรถหอพักสุรนิเวศ 15	56
รูปที่ 3.19 จุดที่ 3 บริเวณลานจอดรถอาคารบริการ 9-10	56
รูปที่ 3.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่งในพื้นที่โล่ง	57
รูปที่ 3.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่งในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง	57
รูปที่ 3.22 ที่ตั้งภาครับในอาคารบริเวณสนามเทนนิส	59
รูปที่ 3.23 ถนนที่ใช้ทดสอบบริเวณสนามเทนนิส	59
รูปที่ 3.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศต่างๆ	60
รูปที่ 3.25 การติดตั้งภาครับภายในอาคารบริเวณสนามเทนนิส	61
รูปที่ 3.26 การติดตั้งภาครับบนเคาเตอร์ภายนอกอาคารบริเวณสนามเทนนิส	62
รูปที่ 3.27 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ภายในและภายนอกอาคาร	63
รูปที่ 3.28 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความ	65

## สารบัญตาราง

ตาราง	หน้า
ตารางที่ 2.1 การใช้งานของขาในอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO ฝั่งซ้าย	15
ตารางที่ 2.2 การใช้งานของขาในอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO ฝั่งขวา	15
ตารางที่ 2.3 การตั้งค่า MAC Address	17
ตารางที่ 2.4 การตั้งค่า Node Type	17
ตารางที่ 2.5 การตั้งค่า Net Type	18
ตารางที่ 2.6 การตั้งค่า Net ID	18
ตารางที่ 2.7 การตั้งค่า Channel	19
ตารางที่ 2.8 การตั้งค่า Data Type	19
ตารางที่ 2.9 การตั้งค่า TX Type	20
ตารางที่ 2.10 การตั้งค่า Parity	20
ตารางที่ 2.11 การตั้งค่า Data Bit	21
ตารางที่ 2.12 การตั้งค่า Source Address	21
ตารางที่ 3.1 การทดสอบการขาดการติดต่อในความเร็วต่างกัน	50
ตารางที่ 3.2 การทดสอบการขาดการติดต่อบริเวณกลุ่มที่ 1 พื้นที่โล่ง	55
ตารางที่ 3.3 การทดสอบการขาดการติดต่อบริเวณกลุ่มที่ 2 พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง	56
ตารางที่ 3.4 การทดสอบการขาดการติดต่อในสภาพอากาศแบบต่างกัน	58
ตารางที่ 3.5 การทดสอบการขาดการติดต่อเมื่อวางตัวรับไว้ภายในอาคารและภายนอกอาคาร	62
ตารางที่ 3.6 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการส่งสัญญาณแจ้งเตือนเมื่อขาดการติดต่อ	64
ตารางที่ 4.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะการทำงานและวิธีการแก้ไข	67

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากรถยนต์และรถจักรยานยนต์ในแต่ละปีถูกขโมยนับหมื่นคัน แม้ว่าสถิติในปี 2557 จะลดลงกว่า 2,000 คัน แต่ก็ยังนับว่าสูงอยู่ โดยข้อมูลของศูนย์ปราบปรามการโจรกรรมรถยนต์และรถจักรยานยนต์ สำนักงานตำรวจแห่งชาติ พบว่า เมื่อปี พ.ศ.2557 ประเภทรถที่ถูกโจรกรรมมากที่สุดคือ รถจักรยานยนต์ซึ่งหายกว่า 8,500 คัน ได้คืน 1,053 คัน รองลงมาเป็นรถกระบะซึ่งหาย 585 คัน ได้คืน 38 คัน และรถยนต์หาย 439 คัน ได้คืน 43 คัน

หากเปรียบเทียบจำนวนรถที่หายในปี พ.ศ. 2556 พบว่า สูงถึง 12,067 คัน เป็นรถจักรยานยนต์กว่า 10,000 คัน รองลงมาเป็นรถกระบะ รถเก๋ง และรถบรรทุก แต่ในปี 2557 ลดลงเหลือ 9,781 คัน โดยส่วนใหญ่เป็นรถจักรยานยนต์เช่นกัน ซึ่งรถที่ถูกโจรกรรมมาบางส่วนจะถูกนำไปแยกชิ้นส่วนและบางส่วนจะส่งไปขายยังประเทศเพื่อนบ้าน โดยส่วนใหญ่จะถูกนำออกทางชายแดนจังหวัดนครพนมและมุกดาหาร

แม้ว่าจำนวนรถหายโดยรวม ในช่วงปีที่ผ่านมาจะลดลงกว่า 2,500 คัน เนื่องจากมีการกวาดล้างจับกุมขบวนการโจรกรรมรถรายใหญ่ได้แล้วหลายราย แต่จากสถิติที่รถสูญหายกับสถิติของการได้คืนนั้นยังนับว่าเป็นสัดส่วนที่ต่างกันมาก เราจึงควรที่จะให้ความสำคัญกับการป้องกันทรัพย์สินของเรา

ดังนั้นทางคณะผู้จัดทำจึงได้มีความคิดที่จะจัดทำโครงการนี้ขึ้นมา โดยใช้อุปกรณ์ที่มีต้นทุนไม่สูงมากและรัดกุมที่สุดสำหรับพื้นที่ปิด โดยพื้นที่ที่ใช้ทดสอบ คือ บริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี ซึ่งต้องใช้พื้นที่ปิดเพราะโครงการนี้ได้นำเสนอการสร้างชุดอุปกรณ์การแจ้งเตือนด้วยเสียงโดยอาศัย ZigBee เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino ควบคุมการทำงาน และมีการต่อ GSM Module เพื่อส่งข้อความหาบอกเจ้าของรถและพนักงานรักษาความปลอดภัยทั้ง 4 ประตูละดับบุคคลที่เราได้เขียนโปรแกรมไว้

## 1.2 วัตถุประสงค์

- 1.2.1 เพื่อสร้างอุปกรณ์เตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์
- 1.2.2 เพื่อศึกษาทฤษฎีและความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับ ZigBee GSM Module และบอร์ด Arduino

## 1.3 สมมติฐาน

อุณหภูมิไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย แต่สภาพแวดล้อม สภาพอากาศ และความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ออกห่างจากกันนั้นมีผลต่อการรับส่งสัญญาณแบบไร้สาย

## 1.4 ขอบเขตการศึกษา

- 1.4.1 สามารถรับและส่งสัญญาณเตือนได้ในระยะทางประมาณ 250 เมตร
- 1.4.2 ตัวรับและตัวส่งสัญญาณเตือนภัยเป็นแบบระบบไร้สาย
- 1.4.3 ศึกษาวิธีการใช้โปรแกรม HyperTerminal เพื่อใช้ในการตั้งค่า ZigBee
- 1.4.4 ศึกษาวิธีการใช้งาน GSM Module เพื่อใช้ในการส่งข้อความสำหรับแจ้งเตือน
- 1.4.5 ศึกษาวิธีการเขียนโค้ดภาษาซีและวิธีการใช้โปรแกรม Arduino เพื่อใช้ในการออกแบบโค้ดเพื่อควบคุมการทำงาน

## 1.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

- 1.5.1 ศึกษาค้นคว้าข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับโครงงาน
- 1.5.2 ศึกษาข้อมูลและวิธีการใช้งานโปรแกรม Arduino
- 1.5.3 ศึกษาข้อมูลและวิธีการใช้งาน ZigBee
- 1.5.4 ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับการเขียนโค้ดภาษาซี
- 1.5.5 เขียนโค้ดภาษาซีเพื่อควบคุมการทำงานระหว่างตัวรับและตัวส่ง
- 1.5.6 ศึกษาข้อมูลและวิธีการใช้งาน GSM Module
- 1.5.7 เขียนโค้ดภาษาซีเพื่อควบคุมการทำงานของ GSM Module
- 1.5.8 สร้างชุดอุปกรณ์ต้นแบบ เพื่อนำไปใช้ทดสอบจริง
- 1.5.9 สรุปผลการทดลอง เขียนรายงาน และนำเสนอโครงงาน

## 1.6 ผลที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.6.1 สามารถนำความรู้ที่ได้มาปฏิบัติงานใช้ในการประกอบวิชาชีพ
- 1.6.2 ชุดป้องกันการโจรกรรมรถยนต์
- 1.6.3 ได้รับความรู้เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมลงบอร์ด Arduino และการใช้โปรแกรม Arduino
- 1.6.4 การทำงานร่วมกันเป็นทีม

## 1.7 นวัตกรรมผลงาน

ผลงานชิ้นนี้เกิดจากการนำ ZigBee และ GSM Module มาประยุกต์ใช้กับบอร์ด Arduino เพื่อออกแบบเป็นอุปกรณ์เตือนภัยการโจรกรรมรถยนต์ โดยใช้การรับส่งข้อมูลแบบไร้สายผ่าน ZigBee ที่มีอัตราการรับส่งข้อมูลต่ำ ใช้พลังงานต่ำ ราคาถูก สามารถทำงานได้ทั้งในร่ม กลางแจ้ง และการส่งข้อความผ่าน GSM Module



## บทที่ 2

### ทฤษฎีพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้กล่าวถึงทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบของสัญญาณเตือนภัยและแจ้งเตือนด้วยข้อความเพื่อป้องกันการโจรกรรมของรถยนต์ โดยแนวคิดการสร้างนี้เกิดจากการอยากหาอุปกรณ์ชิ้นหนึ่งที่ราคาไม่แพงต้นทุนไม่สูงและมีประสิทธิภาพที่ทำงานได้เหมือนอุปกรณ์ราคาที่สูงกว่าที่มีในท้องตลาดมีจำหน่ายและมีแนวคิดอีกอย่างหนึ่งคือใช้พลังงานต่ำมาประดิษฐ์เป็นสัญญาณเตือนภัยเพื่อป้องกันการโจรกรรมของรถยนต์ภายในบริเวณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีหรือบริเวณองค์กรที่มีขนาดเล็กที่เป็นระบบปิดที่มีพื้นที่ไม่มากนัก โครงการนี้จึงได้นำเสนอชุดอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ โดยอาศัย ZigBee ที่ทำหน้าที่รับส่งข้อมูลกันตลอดเวลาแต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติขึ้น ZigBee จะไม่สามารถส่งสัญญาณกันได้จะทำให้สัญญาณเตือนภัยดังขึ้นทันทีและเมื่อ ZigBee ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณได้ GSM Module SIM 800L ที่ติดตั้งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาครับก็จะส่งข้อความไปที่เบอร์โทรศัพท์ที่เราตั้งไว้ทันที ซึ่งในเนื้อหาบทนี้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ 2.1 กล่าวนำ 2.2 ทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย 2.3 ZigBee 2.4 GSM Module 2.5 สายอากาศ 2.6 บอร์ด Arduino 2.7 โปรแกรม Arduino 1.6.3 2.8 การสูญเสียของการแพร่กระจายคลื่นในตัวกลางอากาศ 2.9 การสูญเสียเนื่องจากสิ่งกีดขวาง 2.10 กล่าวสรุป

#### 2.1 กล่าวนำ

จากแนวคิดเริ่มแรกของการทำโครงการนี้ คือการสร้างอุปกรณ์ต้นแบบการแจ้งเตือนด้วยเสียงและข้อความโดยอาศัย Arduino เป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อ ZigBee ที่สามารถทำหน้าที่รับและส่งข้อมูลกันตลอดเวลาแต่เมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่ปกติขึ้น ZigBee จะไม่สามารถรับส่งข้อมูลกันได้ สัญญาณเตือนก็จะดังขึ้นและเมื่อ ZigBee ตัวรับไม่สามารถรับสัญญาณได้ GSM Module SIM 800L ที่ติดตั้งเชื่อมต่อกับอุปกรณ์ภาครับก็จะส่งข้อความไปที่เบอร์โทรศัพท์ที่เราตั้งไว้ทันที เมื่อศึกษาในเรื่องของระบบการสื่อสารต่างๆ จะเห็นได้ว่าระบบสื่อสารที่เหมาะสมกับโครงการนี้คือระบบสื่อสารไร้สาย เนื่องจากเป้าหมายคือรถยนต์นั้นมีการเคลื่อนที่อยู่ตลอดเวลาจึงไม่สามารถเดินสายได้แน่นอน จึงได้พิจารณาแล้วว่าควรใช้ระบบสื่อสารไร้สายและทำการค้นคว้าว่าจะใช้วิธีใดที่นำอุปกรณ์ไปติดตั้งไว้ในรถยนต์โดยที่ขโมยไม่รู้จึงใช้อุปกรณ์ขนาดเล็กที่ไม่ใหญ่มากและใช้ไฟแยกจากตัวรถยนต์เพื่อป้องกันการตัดไฟที่แบตเตอรี่รถยนต์และประกอบกับสภาพแวดล้อมโดยมากของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารีจะมีต้นไม้มาก ทำให้เกิดการลดทอนสัญญาณได้ดังนั้นอุปกรณ์ที่ต้องการคือเป็นการสื่อสารไร้สาย มีขนาดเล็ก รับไฟจากแบตเตอรี่หรือถ่านไฟฉาย สามารถทนต่อการลดทอนสัญญาณได้พอสมควร

## 2.2 ทฤษฎีการสื่อสารไร้สาย

การสื่อสารไร้สาย (Wireless Communication) หมายถึงการถ่ายโอนข้อมูลสารสนเทศระหว่างจุดสองจุดหรือมากกว่า โดยไม่ได้เชื่อมต่อกันด้วยตัวนำไฟฟ้า

เทคโนโลยีไร้สายที่พบมากที่สุดใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เช่นคลื่นวิทยุ ซึ่งอาจใช้ในระยะทางสั้นๆ ไม่ก็เมตรสำหรับโทรศัพท์หรือไกลเป็นล้านกิโลเมตรลึกเข้าไปในอวกาศสำหรับวิทยุ การสื่อสารไร้สายรวมถึงหลากหลายชนิดของการใช้งานอยู่กับที่ เคลื่อนที่ และแบบพกพา ได้แก่ วิทยุสองทาง โทรศัพท์มือถือ ผู้ช่วยดิจิทัลส่วนตัว (Personal Digital Assistants หรือ PDAs) และเครือข่ายไร้สายตัวอย่างอื่นๆ ของการประยุกต์ใช้เทคโนโลยีวิทยุไร้สายรวมถึง GPS รีโมตประตูดึงรถ เม้าส์คอมพิวเตอร์ไร้สาย แป้นพิมพ์ ชุดหูฟังไร้สาย หูฟังไร้สาย เครื่องรับวิทยุไร้สาย โทรศัพท์ผ่านดาวเทียมไร้สาย เครื่องรับโทรทัศน์ทั่วไป และโทรศัพท์บ้านไร้สาย

วิธีการอื่นของการสื่อสารไร้สายที่ไม่ได้ใช้คลื่นวิทยุ ได้แก่ การใช้แสง เสียง สนามแม่เหล็กหรือสนามไฟฟ้าการสื่อสารไร้สายทำให้เกิดบริการเช่นการสื่อสารระยะไกลซึ่งเป็นไปไม่ได้เลยหรือทำไม่ได้ในทางปฏิบัติที่จะดำเนินการแบบใช้สาย คำว่าการสื่อสารไร้สายถูกใช้กันทั่วไปในอุตสาหกรรมโทรคมนาคมที่จะอ้างถึงระบบการสื่อสารโทรคมนาคม (เช่น เครื่องส่งและเครื่องรับสัญญาณวิทยุ การควบคุมระยะไกล ฯลฯ) ที่ใช้รูปแบบหนึ่งของพลังงาน (เช่น คลื่นวิทยุ พลังงานอะคูสติก ฯลฯ) ในการถ่ายโอนข้อมูลโดยไม่ต้องใช้สาย ข้อมูลจะถูกถ่ายโอนในลักษณะนี้ทั้งในระยะทางสั้นและระยะทางไกล

### โครงสร้างของเครือข่าย (Network Topology) [1]

โครงสร้างของเครือข่ายหรือภาษาทางเทคนิคเรียกว่า “Topology” คือลักษณะการเชื่อมต่อทางกายภาพระหว่างอุปกรณ์คอมพิวเตอร์ต่างๆ ในระบบเครือข่าย ซึ่งคณะผู้จัดทำได้นำมาใช้งาน 3 รูปแบบ<sup>[1]</sup> คือ

1. เครือข่ายแบบดาว (Star Topology)
2. เครือข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology)
3. เครือข่ายแบบเมช (Mesh Topology)

#### เครือข่ายแบบดาว (Star Topology)

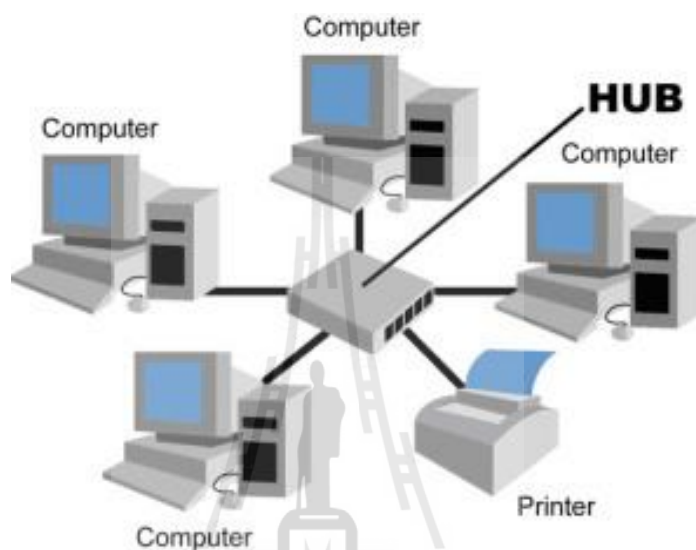
โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์แบบดาว ภายในเครือข่ายคอมพิวเตอร์จะต้องมีจุดศูนย์กลางในการควบคุมการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์หรือฮับ (Hub) การสื่อสารระหว่างเครื่องคอมพิวเตอร์ต่างๆ จะสื่อสารผ่านฮับก่อนที่จะส่งข้อมูลไปสู่เครื่องคอมพิวเตอร์เครื่องอื่นๆ โครงสร้างเครือข่ายคอมพิวเตอร์ (ดังรูปที่ 2.1)

### ข้อดี

- ถ้าต้องการเชื่อมต่อคอมพิวเตอร์เครื่องใหม่ก็สามารถทำได้ง่ายและไม่กระทบต่อเครื่องคอมพิวเตอร์อื่นๆ ในระบบ

### ข้อเสีย

- ค่าใช้จ่ายในการใช้สายเคเบิลจะค่อนข้างสูงและเมื่อฮับไม่ทำงาน การสื่อสารของคอมพิวเตอร์ทั้งระบบก็จะหยุดตามไปด้วย



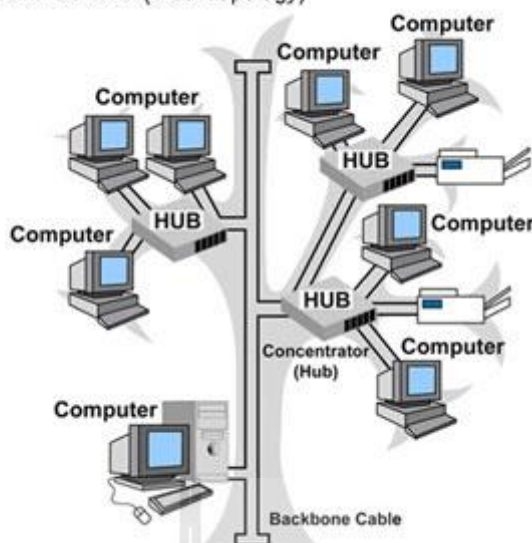
รูปที่ 2.1 เครือข่ายแบบดาว (Star Topology)

### เครือข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology)

มีลักษณะเชื่อมโยงคล้ายกับโครงสร้างแบบดาวแต่จะมีโครงสร้างแบบต้นไม้ โดยมีสายนำสัญญาณแยกออกไปเป็นแบบกิ่งไม่เป็นวงรอบ โครงสร้างแบบนี้จะเหมาะกับการประมวลผลแบบกลุ่มจะประกอบด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ระดับต่างๆ กันอยู่หลายเครื่องแล้วต่อกันเป็นชั้นๆ ดูราวกับแผนภาพองค์กร แต่ละกลุ่มจะมีโหนดแม่และโหนดลูกในกลุ่มนั้นที่มีการสัมพันธ์กัน การสื่อสารข้อมูลจะผ่านตัวกลางไปยังสถานีอื่นๆ ได้ทั้งหมด เพราะทุกสถานีจะอยู่บนทางเชื่อมและรับส่งข้อมูลเดียวกัน ดังนั้นในแต่ละกลุ่มจะส่งข้อมูลได้ที่ละสถานีโดยไม่ส่งพร้อมกัน (ดังรูปที่ 2.2)



การเชื่อมต่อแบบต้นไม้ (Tree Topology)



รูปที่ 2.2 เครือข่ายแบบต้นไม้ (Tree Topology)

**ข้อดี**

- มีความเร็วในการสื่อสารข้อมูลสูง โปรแกรมที่ใช้ในการควบคุมการสื่อสารก็เป็นแบบพื้นฐาน ไม่ซับซ้อนมากนัก
- สามารถรับส่งข้อมูลได้ปริมาณมากและไม่มีปัญหาเรื่องการจัดการการจราจรในสื่อส่งข้อมูลไม่เหมือนกับแบบที่ใช้สื่อส่งข้อมูลร่วมกัน
- มีความทนทานต่อความเสียหายเมื่อสื่อส่งข้อมูลหรือสายใดสายหนึ่งเสียหายใช้การไม่ได้ ไม่ส่งผลกระทบต่อระบบเครือข่ายโดยรวม แต่เกิดเสียหายเฉพาะเครื่องต้นสายและปลายสายเท่านั้น
- ระบบเครือข่ายมีความปลอดภัยหรือมีความเป็นส่วนตัว เมื่อข่าวสารถูกรับส่งโดยใช้สายเฉพาะระหว่าง 2 เครื่องเท่านั้น เครื่องอื่นไม่สามารถเข้าไปใช้สายร่วมด้วย
- เนื่องจากโทโพโลยีแบบสมบูรณเป็นการเชื่อมต่อแบบจุดต่อจุด ทำให้เราสามารถแยกหรือระบุเครื่องหรือสายที่เสียหายได้ทันที ช่วยให้ผูดูแลระบบแก้ไขข้อผิดพลาดหรือจุดที่เสียหายได้ง่าย

**ข้อเสีย**

- จำนวนสายที่ใช้ต้องมีจำนวนมากและอินพุต / เอาต์พุตพอร์ต (I/O Port) ต้องใช้จำนวนมากเช่นกัน เพราะแต่ละเครื่องต้องต่อเชื่อมไปยังทุกๆ เครื่องทำให้การติดตั้งหรือแก้ไขระบบทำได้ยาก
- สายที่ใช้มีจำนวนมาก ทำให้สิ้นเปลืองพื้นที่ในการเดินสาย

- เนื่องจากอุปกรณ์ต้องการใช้อินพุต / เอาต์พุตพอร์ตจำนวนมาก ดังนั้นราคาของอุปกรณ์ต่อเชื่อมจึงมีราคาแพงและจากข้อเสียข้างต้นทำให้โทโพโลยีแบบสมบูรณ์จึงถูกทำไปใช้ค่อนข้างอยู่ในวงแคบ

### เครือข่ายแบบเมช (Mesh Topology)

เครือข่ายแบบเมชเป็นรูปแบบที่ถือว่า สามารถป้องกันการผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นกับระบบได้ดีที่สุด เป็นรูปแบบที่ใช้วิธีการเดินสายของแต่ละเครื่องไปเชื่อมการติดต่อกับทุกเครื่องในระบบเครือข่าย คือ เครื่องทุกเครื่องในระบบเครือข่ายนี้ต้องมีสายไปเชื่อมกับทุกๆ เครื่อง ระบบนี้ยากต่อการเดินสายและมีราคาแพง จึงไม่ค่อยมีผู้นิยมมากนัก (ดังรูปที่ 2.3)



รูปที่ 2.3 เครือข่ายแบบเมช (Mesh Topology)

### ข้อดี

- อัตราความเร็วในการส่งข้อมูล ความเชื่อถือได้ของระบบ
- ง่ายต่อการตรวจสอบความผิดพลาด
- ข้อมูลมีความปลอดภัยและมีความเป็นส่วนตัว

## ข้อเสีย

- จำนวนจุดที่ต้องใช้ในการเชื่อมต่อและจำนวน Port I/O ของแต่ละโหนดมีจำนวนมาก ถ้าในกรณีที่จำนวนโหนดมาก เช่น ถ้าจำนวนโหนดทั้งหมดในเครือข่ายมีอยู่ 100 โหนด จะต้องมีความจำเป็นต้องมีจำนวนจุดเชื่อมต่อถึง 4,950 เส้น เป็นต้น

## 2.3 ZigBee

ZigBee<sup>[2]</sup> นิยามอุปกรณ์โดยแบ่งออกเป็น 3 ชนิด (จากฐานของ IEEE 802.15.4 ซึ่งมี 2 ชนิด) Coordinator Router กับ End Device และมีโทโพลยี 3 แบบ ได้แก่ Star Tree และ Mesh ในเครือข่ายหนึ่งๆ มี Coordinator (ตัวแม่) ได้เพียงตัวเดียว หน้าที่ของมันประกอบด้วย 1.เลือกช่องความถี่ที่จะใช้สื่อสารในเน็ตเวิร์ก 2.เริ่มต้นเน็ตเวิร์ก 3.อนุญาต (หรือไม่อนุญาต) ให้อุปกรณ์อื่นเข้าร่วมในเน็ตเวิร์ก ฉะนั้นตัวแม่ต้องเป็น FFD (Full Functionality Device) ขณะที่ Router ก็เป็น FFD เช่นกัน แต่ไม่มีหน้าที่ในการสร้างเน็ตเวิร์ก มันส่งต่อข้อความจากโหนดหนึ่งไปยังอีกโหนดหนึ่ง (ขยายระยะทาง) และอนุญาตให้โหนดลูก (อาจจะเป็น FFD หรือ RFD ก็ได้) เข้ามาเชื่อมต่อกับมันได้ ตัวสุดท้าย End Device มีภารกิจหลังแค่รับส่งข้อมูล มันจะเป็น FFD หรือ RFD (Reduced Functionality Device) ก็ได้ ซึ่งโหนดที่เป็น End Device นี้โดยทั่วไปจะหลับ (Sleep Mode) เกือบตลอดเวลา (นี่คือจุดแข็งหนึ่งที่ทำให้ ZigBee ประหยัดพลังงาน) เมื่อมันตื่นขึ้นมาแต่ละครั้งจะส่งข้อความไปถามแม่ (อาจจะเป็นตัวแม่หรือ Router ก็ได้) ว่ามีใครส่งอะไรถึงมันหรือไม่ ถ้ามี มันก็จะรับมือกับสถานการณ์นั้น ถ้าไม่มีและมันเองก็ไม่มีอะไรจะคุยกับใคร มันก็จะกลับไปหลับต่อ แต่ถ้ามันมีอะไรอยากบอกหรืออยากคุยกับใคร มันก็จะส่งข้อความนั้นแล้วกลับไปหลับต่อเช่นกัน

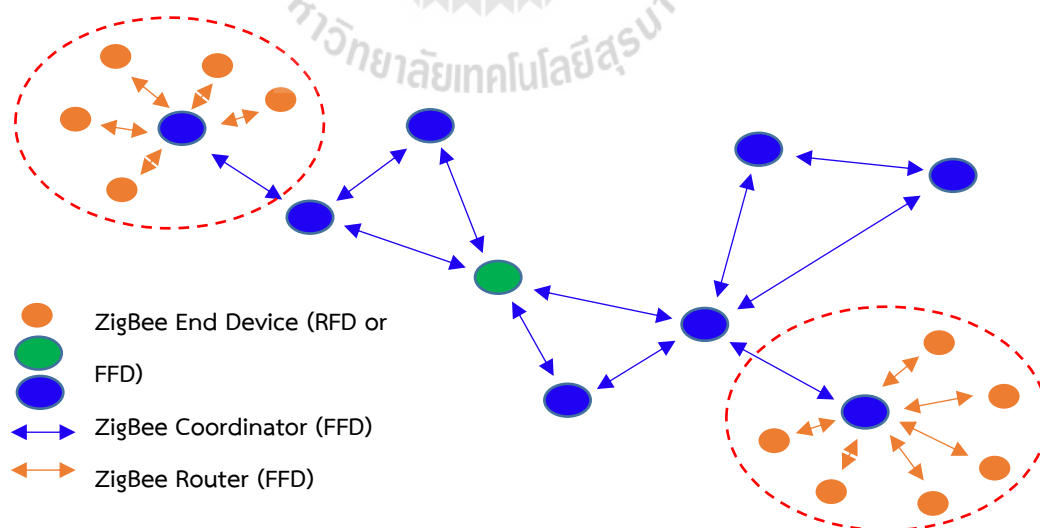
### 2.3.1 หลักการทำงานของ ZigBee

การทำงานของ ZigBee<sup>[3]</sup> จะเป็นการรับส่งคลื่นสัญญาณข้อมูลแบบสื่อสารสองทางครึ่งอัตรา (Half Duplex) ผ่านชิปเล็กจุดต่อจุดไปเรื่อยๆ จนถึงปลายทางที่ต้องการดาวน์โหลดข้อมูลลงในเครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์หรือแบตเตอรี่ขนาดเล็กที่กินไฟน้อยมากซึ่ง ZigBee กำหนดย่านความถี่ใช้งานตามมาตรฐานไว้ 3 ย่านความถี่ คือ ย่าน 2.4 GHz ย่าน 915 MHz และย่าน 868 MHz โดยแต่ละย่านจะมีช่องสัญญาณ 16 ช่อง 10 ช่อง และ 1 ช่อง ตามลำดับ ส่วนอัตรารับส่งข้อมูล (ทางอากาศ) จะอยู่ที่ 250 Kbps 40 Kbps และ 20 Kbps ซึ่งในแต่ละความถี่มีอัตราการรับส่งข้อมูล ดังนี้

1. ย่านความถี่ 2.4 GHz มี 16 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 250 Kbps
2. ย่านความถี่ 915 MHz มี 10 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 40 Kbps
3. ย่านความถี่ 868 MHz มี 1 ช่องสัญญาณ อัตรารับส่งข้อมูล 20 Kbps

ZigBee ได้แบ่งตามลักษณะการทำงานออกเป็น 3 ส่วน คือ

1. Coordinator มีหน้าที่สร้างการสื่อสารเชื่อมโยงเครือข่ายระหว่าง End Device กับ Router หรือ Coordinator กับ Coordinator ด้วยกันหรือ Coordinator กับ Router กำหนด Address ให้กับ Device ที่อยู่ในวงเครือข่ายไม่ให้ซ้ำกัน ดูแลจัดการเรื่องการ Routing เส้นทางซึ่งเทียบได้กับ FFD
2. End Device เป็นอุปกรณ์ปลายทางสุด ซึ่งจะรับสัญญาณจาก Sensor ที่ปลายทาง โดยที่ใช้พลังงานต่ำในการทำงาน เทียบได้กับ RFD หรือ FFD บางกรณีขึ้นอยู่กับ Sensor ที่ใช้
3. Router มีหน้าที่ รับส่งข้อมูลในเส้นทางต่างๆ ของเครือข่าย ซึ่งเทียบได้กับ FFD (ดังรูปที่ 2.4)



รูปที่ 2.4 ตัวอย่างการสร้างเครือข่ายของอุปกรณ์ ZigBee

## 2.3.2 โครงสร้างโพรโทคอลของ ZigBee

โครงสร้างของ ZigBee ถูกออกแบบมาเฉพาะในส่วนของ Application Layer Application Support Layer และ Network Layer เท่านั้น แต่ใช้ MAC Layer และ Physical Layer ตามมาตรฐาน IEEE 802.15.4 (ดังรูปที่ 2.5)

1. Application Layer เป็นชั้นที่มีส่วนของ Endpoint อยู่เรียกว่า Application Framework โดยมี ZigBee Device Object (ZDO) ทำหน้าที่ในการจัดการในการเข้าถึงและใช้งาน Application Layer
2. Application Support Sub-Layer ทำหน้าที่ในการสร้างเฟรมของ Application Layer และทำหน้าที่ในการรับ-ส่งข้อมูล รวมถึงการจัดการด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ Application Layer
3. Network Layer ทำหน้าที่ในการ Routing ข้อมูลต่างๆ จากต้นทางไปยังปลายทางที่อาจอยู่ภายในเครือข่ายเดียวกันหรือต่างเครือข่ายกัน

Application layer	ZDO	ZigBee defined
Application support sub-layer		
Network layer		
MAC layer		IEEE 802.15.4
Physical layer		

รูปที่ 2.5 โครงสร้างโพรโทคอลของ ZigBee

## 2.3.3 ชนิดของอุปกรณ์ ZigBee

ชนิดของอุปกรณ์ ZigBee มีอยู่สองชนิดคือ

1. FFD (Full Functionality Device) ต้องการทรัพยากรต่างๆ (หน่วยความจำ พลังงาน ความสามารถประมวลผล) มากกว่า RFD มันสามารถสื่อสารกับใคร เทาไรก็ได้ และมีความสามารถที่จะเป็นได้ทั้งตัวแม่ (Coordinator) หรือตัวลูก (End-Device) ของเครือข่าย
2. RFD (Reduced Functionality Device) เป็นอุปกรณ์ที่ลดความสามารถลง ฉะนั้นใช้หน่วยความจำน้อยกว่า (ตัวที่ไม่ได้ลด) การประมวลผลลดลง และใช้พลังงานในการดำเนินการต่ำลง เงื่อนไขคือ RFD สามารถคุยกับ FFD ได้เพียงตัวเดียวเท่านั้นในเครือข่ายและไม่สามารถคุยกันเองกับ RFD ได้

### 2.3.4 คุณสมบัติของ ZigBee

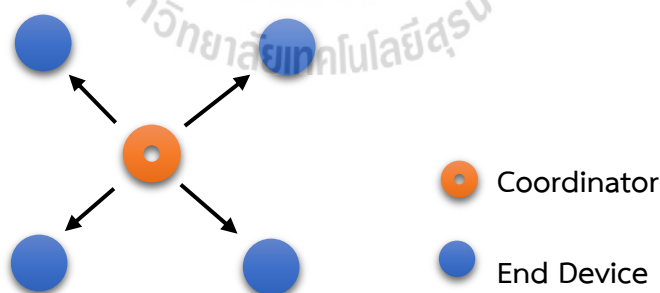
1. อัตราการส่งข้อมูล 250 kbps (2.4 GHz) 40 kbps (915 MHz) และ 20 kbps (868 MHz)
2. High Throughput และ Low Latency Duty Cycle ต่ำ ( $< 0.1\%$ )
3. มีการเข้าถึง Channel แบบ Channel Access Using Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance (CSMA - CA)
4. สามารถรองรับ Address ได้ถึง 64 bit IEEE Address (65535 Network)
5. รับประกันการส่งแบบ Full Handshake Protocol
6. เชื่อมต่อ Topology ได้หลายแบบ เช่น Star Peer-to-peer Mesh
7. ใช้พลังงานต่ำ (สามารถใช้ได้หลายเดือนจนถึงปี)
8. ระยะทางการส่งพื้นฐาน 5-500 เมตร

### 2.3.5 การเชื่อมต่อโครงข่ายไร้สาย

ZigBee สามารถสร้างโครงข่ายได้ 3 รูปแบบ ดังนี้

#### 1. เครือข่ายแบบดาว

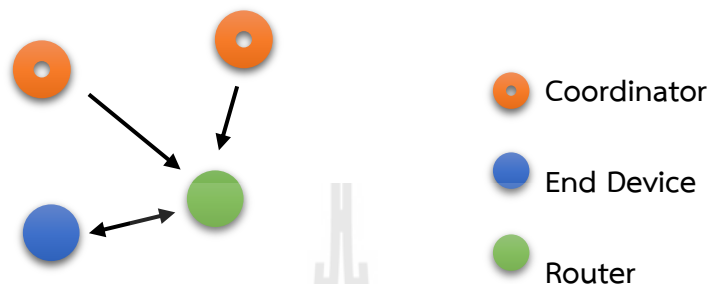
การเชื่อมต่อแบบดาวหรือแบบแพร่สัญญาณ (Broadcast) เป็นการรับส่งข้อมูลแบบไม่เฉพาะเจาะจงจุดหมายปลายทาง โดย ZigBee ทุกตัวที่อยู่ในเครือข่ายเดียวกันสามารถรับข้อมูลได้ทุกตัว โครงข่ายนี้ ZigBee จะทำงานเป็น 2 รูปแบบ คือ แบบที่ 1 ส่วนประสานทำหน้าที่สร้างเครือข่าย และแบบที่ 2 เป็นส่วนท้ายสุด ทำหน้าที่เป็นลูกข่าย (ดังรูปที่ 2.6)



รูปที่ 2.6 เครือข่ายแบบดาว

## 2. เครือข่ายแบบกลุ่มแผนภาพต้นไม้

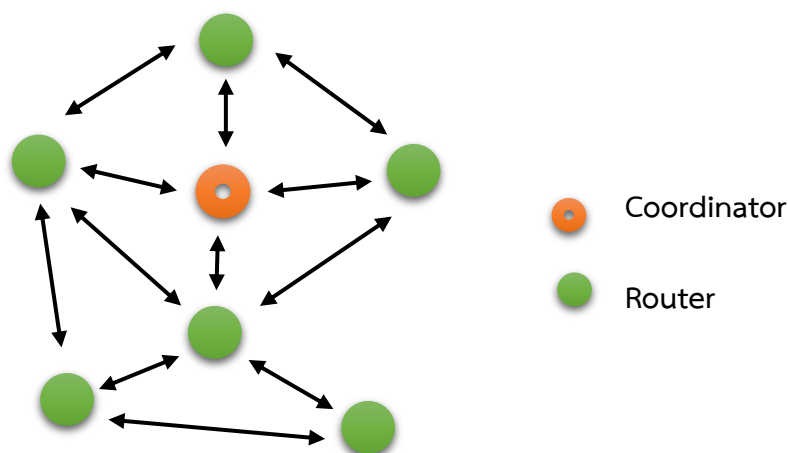
การเชื่อมต่อแบบกลุ่มแผนภาพต้นไม้เป็นการรับส่งข้อมูลแบบส่งผ่าน เช่น A ต้องการติดต่อกับ C แต่ C อยู่ไกลจาก A จน A ไม่สามารถติดต่อกับ C ได้ แต่ B อยู่ระหว่าง A กับ C ดังนั้นกลุ่มแผนภาพต้นไม้ จะใช้ B เป็นเหมือนตัวกลางในการเชื่อมต่อ (Repeater) ระหว่าง A กับ C ซึ่งในโครงข่ายนี้มีการทำงานอยู่ 3 รูปแบบคือส่วนประสาน ส่วนท้ายสุด และอุปกรณ์จัดเส้นทาง (ดังรูปที่ 2.7)



รูปที่ 2.7 เครือข่ายแบบกลุ่มแผนภาพต้นไม้

## 3. เครือข่ายแบบเมฆ

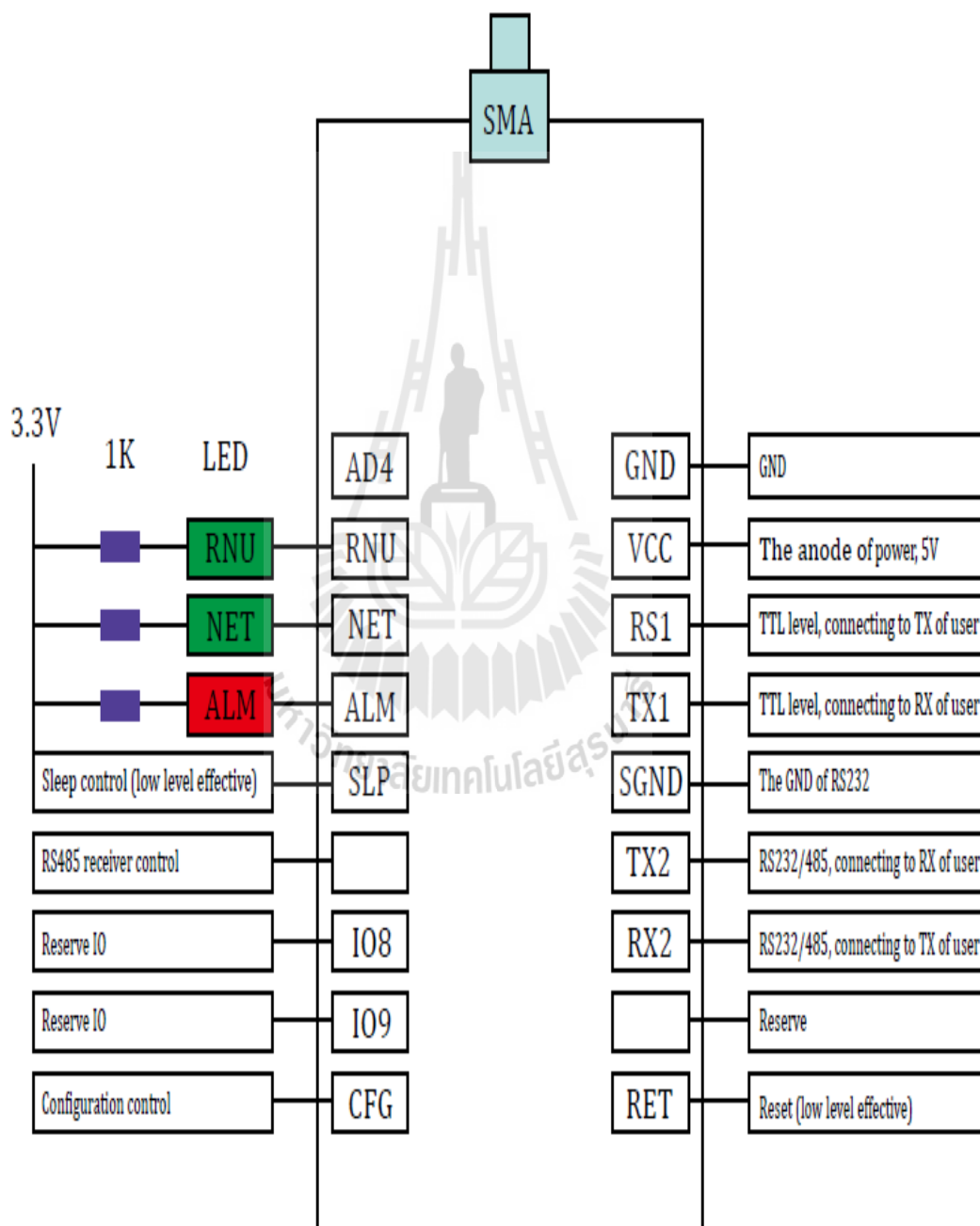
การเชื่อมต่อเครือข่ายแบบเมฆเป็นโครงข่ายที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากข้อมูลที่สามารถส่งไปถึงเป้าหมายได้หลายทาง ทำให้ระบบนี้สามารถรับส่งข้อมูลไปยังจุดหมายปลายทางได้ แม้จะเกิดความเสียหายของระบบในบางส่วนก็ตาม (ขึ้นอยู่กับการออกแบบระบบของผู้ใช้) ระบบนี้จึงเป็นระบบที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก ซึ่งในโครงข่ายนี้มีการทำงาน 2 รูปแบบ คือ ส่วนประสานและอุปกรณ์จัดเส้นทาง (ดังรูปที่ 2.8)



รูปที่ 2.8 เครือข่ายแบบเมฆ

### 2.3.6 ZigBee รุ่น SZ05-PRO

อุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO<sup>[4]</sup> สามารถเชื่อมต่อเข้ากับบอร์ด RS232 RS485 และ TTL ได้ผลิตขึ้นโดยบริษัท Shuncom เป็นอุปกรณ์ไร้สายที่มีราคาไม่แพงสูงมาก ใช้ไฟเลี้ยงน้อย จึงสามารถติดตั้งและใช้ได้เป็นเวลานานซึ่งอุปกรณ์นี้ได้แบ่งการใช้งานออกเป็นรหัสประจำตัว (Personal Identification Number หรือ PIN) (ดังรูปที่ 2.9)



รูปที่ 2.9 ขาของอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO



ขาของอุปกรณ์ ZigBee ฝั่งซ้าย ตารางที่ 2.1

**ตารางที่ 2.1** การใช้งานของขาในอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO ฝั่งซ้าย (ดังรูปที่ 2.9)

Pin number	Pin name	Function	Note
5	AD4		
6	RUN	Run	LED
7	NET	Net	LED
8	ALM	Alarm	LED
9	SLP	Sleep	Low level effective
A			
B	IO8	Reserved for IO	
C	IO9	Reserved for IO	
D	CFG	Configuration control	Low level effective

ขาอุปกรณ์ ZigBee ฝั่งขวา ตารางที่ 2.2

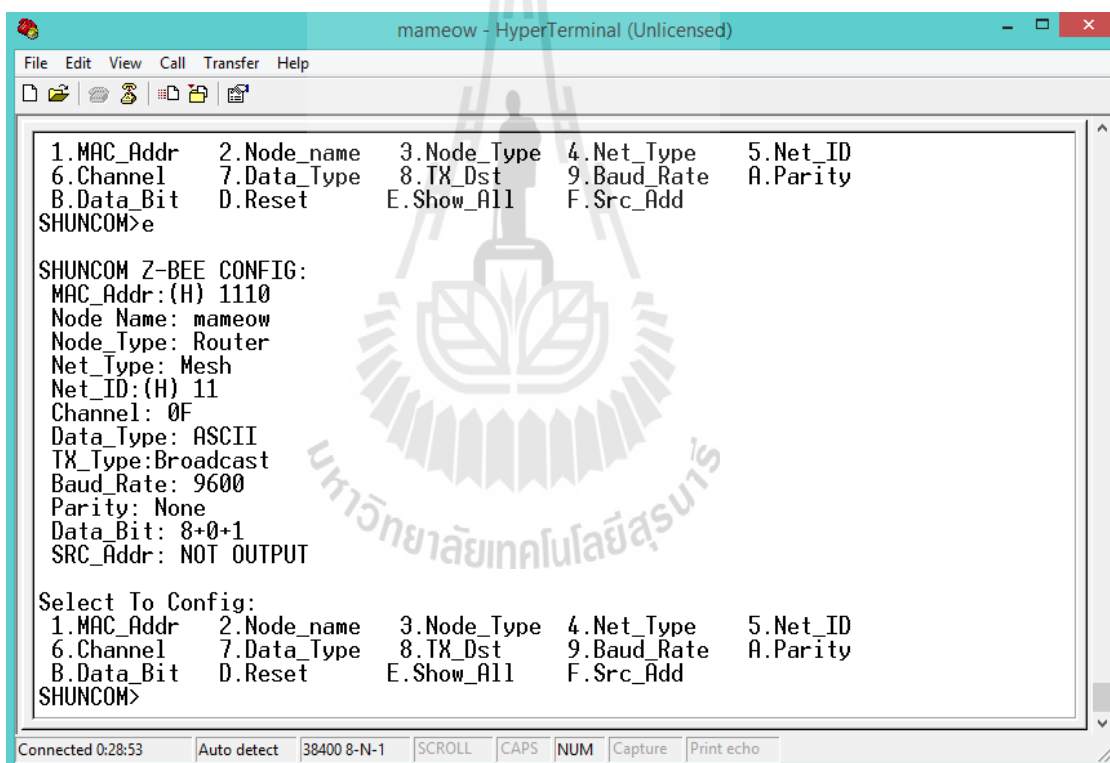
**ตารางที่ 2.2** การใช้งานของขาในอุปกรณ์ ZigBee รุ่น SZ05-PRO ฝั่งขวา (ดังรูปที่ 2.9)

Pin number	Pin name	Function	Note
15	GND	The anode of power	
16	VCC	The anode of power	5V
17	RX1	TTL	Link to the TX of user
18	TX1	TTL	Link to the RX of user
19	SGND	The GND of RS232	
1A	RX2	RS232/RS485	Connects RX/A of user
1B	TX2	RS232/RS485	Connects RX/B of user
1C		Reserved	Reserved
1D	RET	Reset	Low level effective

## การตั้งค่าพารามิเตอร์

การตั้งค่า ZigBee SZ05-Pro สามารถทำได้โดยใช้โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอล (HyperTerminal) ซึ่งมีขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. เข้าไปที่โปรแกรมไฮเปอร์เทอร์มินอลเลือก serial port ให้ถูกต้อง และให้ตั้งค่าดังนี้ Baud Rate: 38400, Data Bit: 8, Parity: NONE, Stop Bit: 1, Flow: NONE
2. ใช้สายไฟแต่ละที่ขา RST และ GND ก่อน แล้วใช้สายไฟแต่ละที่ขา CFG และ GND เป็นเวลา 3 วินาที
3. หน้าจอจะเข้าสู่โหมดการตั้งค่า ดังแสดงใน (รูปที่ 2.10)
4. ในการนำไปใช้งานให้เปลี่ยนค่า Baud Rate เป็น 9600, Data Bit: 8, Parity: NONE, Stop Bit: 1, Flow: NONE



รูปที่ 2.10 หน้าจอของการตั้งค่าพารามิเตอร์

เมื่อเข้าสู่โหมดการตั้งค่าแล้ว ต่อไปนี้จะเป็นการตั้งค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ของ ZigBee SZ05-Pro ซึ่งมีพารามิเตอร์ที่สำคัญ ดังนี้

## 1. Address Setting

การตั้งค่า MAC\_Address ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ 1 รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.3 การตั้งค่า MAC Address

Name	ID	การตั้งค่า	หมายเหตุ
MAC_Addr	0000-FFFE	ค่า Address ใน เครือข่ายเดี่ยวค่า ต้องไม่ซ้ำกัน	ที่อยู่ของ Coordinator ต้อง เป็น 0000

หมายเหตุ : ZigBee มี MAC Address ที่มีค่าไม่ซ้ำกันและไม่อนุญาตให้ใช้ Address เดียวกันในเครือข่ายเดียวกัน จึงควรใช้เลข 2 ไบต์หรือ 16 บิต ในการกำหนดค่าของ Address

## 2. Node Type Setting

การตั้งค่า Node Type ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ 3 รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.4 การตั้งค่า Node Type

Node Name	คำอธิบาย
PAN_Coord	เป็นตัวเชื่อมโยงกับสิ่งที่สามารถเลือกช่องทางและ PAN ID ที่ใช้ในการเริ่มต้นเครือข่าย
Router	ไม่ได้ช่วยในการจัดเส้นทางของข้อมูลอย่างใดแต่ยังมีฟังก์ชันของ End_Device
End_Device	ส่งข้อมูลของตัวเองและรับข้อมูลจาก Router และ Coordinator

### 3. Net Type

การตั้งค่า Net Type ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่4รูปที่2.10)

ตารางที่ 2.5 การตั้งค่า Net Type

Net Type	หมายเหตุ
Mesh	เครือข่ายแบบ Mesh , Star และ Line เป็นการควบคุมการทำงานของเครือข่าย โดยต้องมี Coordinator และทุกโมดูลในเครือข่ายเดียวกันต้องใช้เครือข่ายเดียวกัน
Star	
Line	
Peer	เครือข่ายแบบ Peer-to-Peer ไม่ต้องใช้ Coordinator

หมายเหตุ : ในเครือข่ายเดียวกัน Net Type ต้องเหมือนกัน

### 4. Network ID Setting

การตั้งค่า Net ID ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่5รูปที่2.10)

ตารางที่ 2.6 การตั้งค่า Net ID

NET_ID	หมายเหตุ
PAN_Coord	ในเครือข่ายเดียวกัน NET_ID ต้องมีค่าเหมือนกัน

## 5. Channel Setting

การตั้งค่า Channel ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ 6 รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.7 การตั้งค่า Channel

ความถี่	Channel	หมายเหตุ
0-F	0 : 2.405 GHz	ควรใช้ Channel 4,9,E หรือ F เพื่อหลีกเลี่ยงการรบกวนของสัญญาณ WIFI ในเครือข่ายเดียวกันควรใช้ Channel ที่เหมือนกัน
	1 : 2.410 GHz	
	2 : 2.415 GHz	
	3 : 2.420 GHz	
	4 : 2.425 GHz	
	5 : 2.430 GHz	
	6 : 2.435 GHz	
	7 : 2.440 GHz	
	8 : 2.445 GHz	
	9 : 2.450 GHz	
	A : 2.455 GHz	
	B : 2.460 GHz	
	C : 2.465 GHz	
	D : 2.470 GHz	
	E : 2.475 GHz	
	F : 2.480 GHz	

## 6. Data Type

การตั้งค่า Data Type ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ 7 รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.8 การตั้งค่า Data Type

Data_Type	หมายเหตุ
ASCII	เลือกได้จากข้อมูลที่ต้องการบันทึก
HEX	

## 7. การตั้งค่า TX\_Type

การตั้งค่า TX Type ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่8รูปที่2.10)

ตารางที่ 2.9 การตั้งค่า TX Type

TX_Type	การตั้งค่า	หมายเหตุ
Broadcast	ไม่ต้องการ Address ปลายทาง	
Master-Slave	ที่อยู่ของ Node ปลายทางจะถูกเพิ่มเมื่อ Coordinator ส่งข้อมูลไปยัง Non-Coordinator ค่าพื้นฐานของ Non-Coordinator จะถูกส่งไปยัง Coordinator โดยที่ไม่ต้องใช้ Address ของปลายทาง	ที่อยู่ปลายทางจะคล้ายกับ MAC Address และจะถูกเพิ่มไปไว้ด้านหน้าของแพ็คเก็ตข้อมูล
Point-Point	ในขณะที่ส่งข้อมูล Address ปลายทางจะถูกเพิ่มไว้ด้านหน้าของแพ็คเก็ตข้อมูล	

## 8. Baud Rate

การตั้งค่า Baud Rate ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่9 รูปที่2.10)

อัตราเร็วของข้อมูล (Baud Rate) สามารถตั้งค่าได้ระหว่าง 1200 ถึง 115200 บิตต่อวินาที

## 9. Data Parity

การตั้งค่า Parity ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่A รูปที่2.10)

ตารางที่ 2.10 การตั้งค่า Parity

Data_Parity	หมายเหตุ
None	ความต้องการที่สอดคล้องกันในการเลือกภาวะคู่หรือคี่ให้เหมาะสม
Even	
Odd	

## 10. การตั้งค่า Data Bit

การตั้งค่า Data Bit ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ B รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.11 การตั้งค่า Data Bit

Data Bit (Data Bit + Parity + Stop Bit)	หมายเหตุ
7 + 1 + 1	ตั้งค่า Data Bit โดยเลือกจากตัวเลือกของการตั้งค่า Data Parity
8 + 0 + 1	
8 + 1 + 1	
8 + 0 + 2	

## 11. Data Source Address

การตั้งค่า Source Address ให้กับ ZigBee (ดังข้อที่ F รูปที่ 2.10)

ตารางที่ 2.12 การตั้งค่า Source Address

Src_Add	หมายเหตุ
Not Output	โดยทั่วไป ค่าพื้นฐานคือ “No Output”
HEX	
ASCII	

## 12. Default Setting

หน้าตาการตั้งค่าเริ่มต้นของ ZigBee ที่บริษัท Shuncom ตั้งค่ามากับตัวเครื่อง

```
SHUNCOM Z-BEE CONFIG:
MAC_Addr:(H) 7F1A
Node Name: SHUNCOM
Node_Type: Router
Net_Type: Star
Net_ID:(H) FF
Channel: 0F
Data_Type: HEX
TX_Type:Broadcast
Baud_Rate: 9600
Parity: None
Data_Bit: 8+0+1
SRC_Addr: NOT OUTPUT
```

Select To Config:

1.MAC_Addr	2.Node_name	3.Node_Type	4.Net_Type	5.Net_ID
6.Channel	7.Data_Type	8.TX_Dst	9.Baud_Rate	A.Parity
B.Data_Bit	D.Reset	E.Show_All	F.Src_Add	

SHUNCOM>

รูปที่ 2.11 หน้าตาการตั้งค่าเริ่มต้น

หมายเหตุ : โมดูลจะออกจากการตั้งค่าเมื่อไม่มีการดำเนินการใดๆ ภายใน 60 วินาที โดยที่การตั้งค่าทั้งหมดจะยังคงอยู่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง



## 2.4 GSM module

GSM เป็นระบบการสื่อสารเคลื่อนที่ที่นิยมใช้กันมากที่สุดในโลก ใช้เทคโนโลยีดิจิทัลสำหรับช่องสัญญาณควบคุมและสัญญาณเสียงแบบ TDMA ซึ่งแตกต่างจากเทคโนโลยีโทรศัพท์มือถือก่อนหน้านี้ จึงถือว่าเป็นโทรศัพท์มือถือในยุคที่สอง หรือ 2G ซึ่งหมายถึง การพัฒนาระบบขึ้นไปอีกขั้นหนึ่งการพัฒนาอย่างแพร่หลายของ GSM เป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคที่สามารถใช้งานได้อย่างสะดวกสบายมากขึ้น และนอกจากนี้ยังเป็นประโยชน์ต่อผู้ควบคุมระบบเน็ตเวิร์คให้มีตัวเลือกในการใช้งานมากขึ้น เนื่องจากมีผู้จัดทำอย่างแพร่หลาย GSM เริ่มต้นด้วยทางเลือกใหม่ ซึ่งมีราคาที่ถูกเป็นอีกหนึ่งทางเลือกในการติดต่อสื่อสาร นั่นก็คือ Short Message Service (SMS) หรือเรียกอีกอย่างว่า เท็กเมสเสจ ซึ่งโทรศัพท์มือถือทั่วไปสามารถรองรับได้อย่างดี

### 2.4.1 หลักการทำงานของ SIM800L

การทำงานของ SIM800L<sup>[5]</sup> นั้นจะมีหน้าที่ในการส่งข้อความแจ้งเตือนเข้าไปยังโทรศัพท์ของผู้ใช้งาน สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานต่างๆได้ตามความต้องการของผู้ใช้ ซึ่งในโครงงานนี้ได้นำมาประยุกต์ใช้ในการส่งข้อความแจ้งเตือนในกรณียานพาหนะสูญหาย การใช้งานตัว SIM800L จะมีเสาอากาศ ทำการใส่ซิมการ์ดและต่อเข้ากับบอร์ด Arduino ใช้ในการควบคุมการทำงานของ SIM800L คำสั่งในการใช้งานใช้ไลบรารีเหมือน SIM900 การต่อขาใช้เพียง 2 เส้นคือ TX-2 กับ RX-3 ต่อ VCC 3.4 - 4.4V หรือไฟ 5V จากบอร์ด Arduino และ Gnd ต่อ Gnd ทำงานทันทีที่จ่ายไฟ มี LED แสดงผลสัญญาณ

### 2.4.2 คุณสมบัติ SIM800L

- รองรับความถี่ GSM / GPRS 850 / 900 / 1800 / 1900 MHz
- รองรับ GPRS MULTI-SLOT CLASS10 และ GPRS MOBILE STATION CLASS B
- รองรับคำสั่ง AT COMMAND
- รองรับสัญญาณแบบ SMS
- ใช้ได้กับ Micro SIM

### 2.4.3 GSM Module SIM800L

GSM Module SIM800L มีขนาดเล็กที่สุดในโลกใช้กับ Micro SIM เท่านั้น มาพร้อมเสาอากาศให้ 2 ชั้น GSM Module SIM800L สำหรับใช้ในการรับส่ง SMS โทรศัพท์หาเบอร์ที่ต้องการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตและอื่นๆ ได้เหมือนบอร์ด GSM รุ่นใหญ่ๆ แต่ไม่สามารถคุยได้ เพราะตัดขาลำโพงกับไมค์ออก จึงเหมาะกับการใช้งานเฉพาะด้านที่ต้องการความคุ้มค่า การใช้งานไลบรารีเหมือน SIM900 มีไลบรารีมาให้พร้อมใช้งาน การต่อขาใช้เพียง 2 เส้นคือ RX และ TX ใช้ไฟที่ 3.7 - 4.2 โวลต์ กระแสสูงสุด 2A ถ้าบอร์ด Arduino ที่ใช้ไฟจาก USB อาจจะไม่พอ ต้องต่อไฟเพิ่ม ทำงานทันทีที่จ่ายไฟ มี LED แสดงผลสัญญาณ ถ้าจับสัญญาณโทรศัพท์ได้จะกระพริบช้าๆ แต่ถ้าจับไม่ได้จะกระพริบถี่ๆ GSM Module SIM800L สามารถต่อกับ Battery Li-ion ได้โดยตรง แต่ถ้าไปใช้กับไฟเลี้ยง 5V จะต้องต่ออนุกรมกับ Diode 1N4007 (หรือเบอร์อื่นๆ) ร่วมกับตัวเก็บประจุตามรูปเพื่อปรับระดับแรงดันไฟฟ้าลงให้เหมาะสม (ดังรูปที่ 2.12)



รูปที่ 2.12 GSM Module SIM 800L

## 2.5 สายอากาศ

สายอากาศ<sup>[6]</sup> เป็นอุปกรณ์สำหรับรับและส่งคลื่น ความถี่วิทยุ (Radio Frequency) ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และในทางกลับกันก็เปลี่ยนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นพลังงานไฟฟ้าเช่นกัน สายอากาศมีหลายขนาดและรูปแบบขึ้นอยู่กับการใช้งาน เช่น สายอากาศสำหรับเครื่องรับโทรทัศน์ในบ้าน ส่วนใหญ่เป็นสายอากาศชนิดยาคี-ฮุดะ มักติดตั้งไว้บนหลังคา ทำด้วยอะลูมิเนียม เพราะน้ำหนักเบาและทนต่อสภาพอากาศได้ดีกว่าโลหะทั่วไป สายอากาศของไม้คัลอยเป็นเพียงสายไฟสั้นๆ หรือสายอากาศของโทรศัพท์มือถือเป็นเพียงจุดเชื่อมต่อเล็กๆ เท่านั้น

### 2.5.1 ลักษณะโดยทั่วไปในการทำงานของสายอากาศ

- เมื่อคลื่นตกกระทบสายอากาศก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดพลังงาน
- การเคลื่อนย้ายของพลังงานเข้าสู่อากาศโดยการเปลี่ยนรูปพลังงาน
- ไม่มีการนำพาหรือการแพร่
- เป็นการแผ่พลังงาน

### 2.5.2 ลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุ

คุณสมบัติของสายอากาศในทางทฤษฎีจะมีรูปลักษณะการกระจายคลื่น<sup>[7]</sup> 2 แบบ คือ

1. แนวตั้ง (Vertical) จะมองการแพร่กระจายคลื่นจากมุมมองด้านข้างของสายอากาศ
2. แนวนอน (Horizontal) จะมองการแพร่กระจายคลื่นจากมุมมองด้านบนของสายอากาศ

แต่ในความเป็นจริงการกระจายคลื่นมีหลายรูปแบบทั้งแบบแนวสายตา สะท้อนวัตถุ สะท้อนผิวโลกหรือชั้นเมฆ ขึ้นอยู่กับระยะทาง สิ่งกีดขวาง ฯลฯ

### 2.5.3 ประเภทของสายอากาศ

1. สายอากาศรอบตัว (Omni-Directional) จะออกอากาศในแนวนอน 360 องศา (เป็นค่าตายตัวของสายอากาศประเภทนี้) ส่วนแนวตั้งขึ้นอยู่กับอัตราขยาย โดยส่วนใหญ่จะอยู่ที่ 2 – 18 dBi
2. สายอากาศทิศทาง (Directional) จะมีทั้งแบบกึ่งทิศทางและแบบทิศทาง
  - 2.1 แบบกึ่งทิศทาง (Dipole, Patch Panel, Sector) การแพร่กระจายคลื่นจะออกมารอบทิศทาง แต่จะเน้นออกไปทิศทางด้านหน้าของสายอากาศ ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราขยาย
  - 2.2 แบบทิศทาง (Yagi-Uda, Helical (Helix), Grid) จะเน้นทิศทางด้านหน้ามากกว่าแบบอื่นๆ และสัญญาณด้านหลังและด้านข้างจะแพร่กระจายออกมาน้อยมาก ส่วนใหญ่อัตราขยายจะสูงกว่า 20 dBi

### 2.5.4 สายอากาศแบบเส้นลวดตรง

สายอากาศแบบเส้นลวดตรง (Linear Wire Dipole) โดยเฉพาะแบบไดโพล (Dipole) และโมนโพล (Monopole) เป็นสายอากาศพื้นฐานที่ถูกนำมาใช้อย่างกว้างขวางในระบบสื่อสารแบบเคลื่อนที่ไร้สาย (Wireless Mobile Communication Systems) และบ่อยครั้งที่มีการนำสายอากาศไดโพลมาจัดเป็นแถวลำดับ (Array) เพื่อใช้เป็นสายอากาศของสถานีฐาน (Base Station) สำหรับใช้สื่อสารกับลูกข่ายที่มีการเคลื่อนที่ (Land-Mobile Systems) สำหรับการออกแบบโมนโพลนั้นส่วนใหญ่จะถูกนำมาใช้กับระบบที่สามารถพกพาหรือเคลื่อนย้ายได้สะดวก

#### สายอากาศแบบไดโพล

สายอากาศไดโพลจัดเป็นสายอากาศมูลฐานที่มีการกระจายกระแสเป็นรูปคลื่นไซน์ สายอากาศชนิดลวดตัวนำที่มีความยาว  $\Delta Z$  (ความยาวคลื่น) และมีการกระจายของกระแสเอกรูป (Uniform Current Distribution) เรียกว่า ไดโพลอุดมคติ (Ideal Dipole)<sup>[8]</sup> แม้ว่าจะไม่เกิดขึ้นจริงๆ แต่อาจพิจารณาไดโพลอุดมคติให้เป็นส่วนหนึ่งในการกระจายของกระแสทั้งหมดบนสายอากาศจริงๆ โมโนคติเกี่ยวกับไดโพลในอุดมคติยังมีประโยชน์ในแง่ที่สนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กของมันสามารถใช้ประมาณค่าสนามที่เกิดจากไดโพลขนาดเล็กได้

#### สายอากาศโมนโพล

ปัจจุบันสายอากาศที่นิยมนำมาใช้งานในระบบการสื่อสารแบบไร้สายมากที่สุดคือ สายอากาศโมนโพล (Monopole Antenna)<sup>[9]</sup> เนื่องจากเป็นสายอากาศที่มีน้ำหนักเบาและมีโครงสร้างของสายอากาศที่ไม่ซับซ้อนง่ายต่อการออกแบบและสร้าง โดยส่วนประกอบของสายอากาศที่ทำหน้าที่ในการแผ่กระจายคลื่นจะถูกติดตั้งอยู่บนระนาบกราวด์แบบอนันต์ ซึ่งสายอากาศนี้จะมีคุณลักษณะคล้ายกับสายอากาศไดโพล (Dipole Antenna) ข้อเสียของสายอากาศโมนโพลคือสามารถใช้งานได้เพียงแถบความถี่เดียว

## 2.6 บอร์ด Arduino

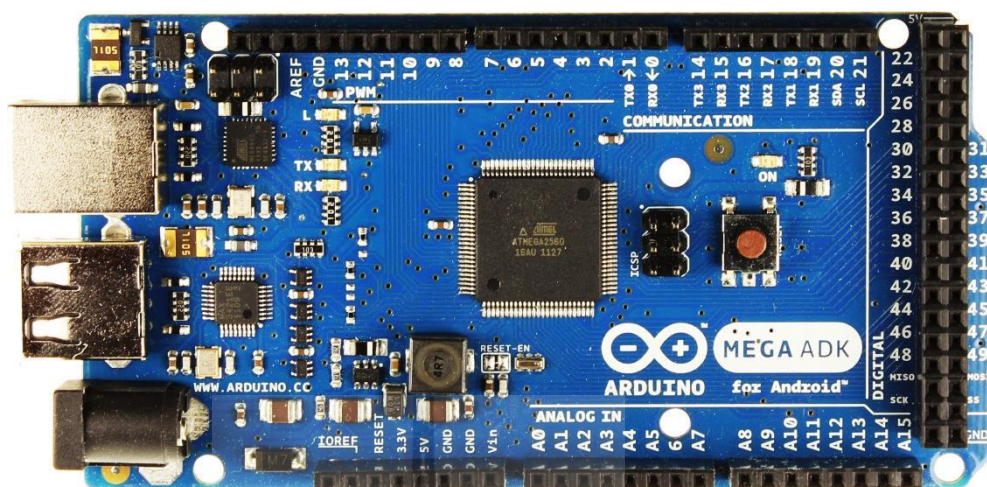
### 2.6.1 Arduino UNO R3



รูปที่ 2.13 บอร์ด Arduino UNO R3

Arduino Uno R3<sup>[10]</sup> (ดังรูปที่ 2.13) ตัวนี้ใช้ ATmega328 เป็นแบบ PDIP สามารถถอดออก เสียก็สามารถเปลี่ยนใหม่ได้ มี Digital Input / Output 14 พอร์ต สามารถทำงานแบบ PWM (Pulse Width Modulate) ทั้งหมด 6 พอร์ต มีส่วนแปลงสัญญาณอนาล็อกเป็นดิจิทัล (Analog to Digital Converter) ทั้งหมด 6 พอร์ต บนบอร์ดติดตั้งสัญญาณนาฬิกาภายนอก ความถี่ 16 MHz พร้อมด้วยพอร์ต USB และหัวเสียบไฟเลี้ยงบอร์ด บนบอร์ดยังสามารถดาวน์โหลดโปรแกรมโดยตรงได้โดยผ่านหัวเสียบ ICSP และยังมีปุ่ม Reset ให้บนบอร์ดอีกด้วย บนบอร์ดติดตั้งไมโครคอนโทรเลอร์ ATmega16U เพื่อช่วยในการส่งข้อมูลแบบอนุกรมผ่านทาง USB (Usb to Serial Converter) การส่งผ่านข้อมูลสามารถทำได้รวดเร็ว อีกทั้งไม่จำเป็นต้องติดตั้งไดรฟ์เวอร์สำหรับการใช้งาน ซอฟต์แวร์ในการดาวน์โหลดโปรแกรมรองรับระบบปฏิบัติการ Windows Linux และ Mac

## 2.6.2 Arduino Mega 2560



รูปที่ 2.14 บอร์ด Arduino Mega 2560

Arduino Mega 2560<sup>[11]</sup> (ดังรูปที่ 2.14) เป็นบอร์ดรุ่นใหญ่ในตระกูลของ Arduino มีคุณสมบัติต่างๆ เพิ่มขึ้นจาก Arduino UNO R3 โดยใช้ชิพ ATmega2560 ที่มีหน่วยความจำแฟลช 256 KB แรม 8 KB ใช้ไฟเลี้ยง 7 ถึง 12 V แรงดันของระบบอยู่ที่ 5 V มี Digital Input / Output มากถึง 54 ขา (เป็น PWM ได้ 14 ขา) มี Analog Input 16 ขา Serial UART 4 ชุด I2C 1 ชุด SPI 1 ชุด เขียนโปรแกรมบน Arduino IDE และโปรแกรมผ่าน USB

Arduino มีจุดเด่นในเรื่องของความง่ายต่อการเรียนรู้และใช้งานเนื่องจากการออกแบบคำสั่งต่างๆ ขึ้นมาสนับสนุนการใช้งานด้วยรูปแบบที่ง่าย ไม่ซับซ้อน และมีข้อดีจากบอร์ดตัวอื่น คือ

1. มีราคาไม่แพงเนื่องจากมีรหัสต้นทาง (Source Code) และวงจรแจกฟรี ทำให้สะดวกในการต่อวงจรขึ้นมาใช้งานเอง
2. ใช้งานง่ายมีโปรแกรมที่ไม่ซับซ้อน โปรแกรม Arduino ใช้งานง่ายสำหรับมือใหม่

Arduino เป็นบอร์ดไมโครคอนโทรลเลอร์ที่ใช้ชิพ AVR ขนาดเล็กเป็นตัวประมวลผลและสั่งงาน เหมาะสำหรับนำไปใช้ในการศึกษาเรียนรู้ระบบไมโครคอนโทรลเลอร์และนำไปประยุกต์ใช้งานเกี่ยวกับการควบคุมอุปกรณ์ Input / Output ต่างๆ ได้มากมาย

## Software Arduino Environment

บอร์ด Arduino ที่มีอยู่หลายแบบนั้นจะใช้โปรแกรมตัวเดียวกันในการเขียนชุดคำสั่ง โดยใช้โปรแกรม Arduino IDE (Integrated Development Environment)<sup>[12]</sup> (ดังรูปที่ 2.15) ซึ่งใช้งานได้ทุกระบบปฏิบัติการ ซึ่งจะสามารถดาวน์โหลดได้ที่ <http://arduino.cc/en/Main/Software> และภายในเว็บไซต์ก็จะมีตัวอย่างซอฟต์แวร์ระบบเปิด (Open Source) ให้ทดลองเล่นมากมาย

หน้าต่างของโปรแกรมจะมีส่วนประกอบต่างๆ ดังนี้

หมายเลข 1 : ช่องแสดง Code Program

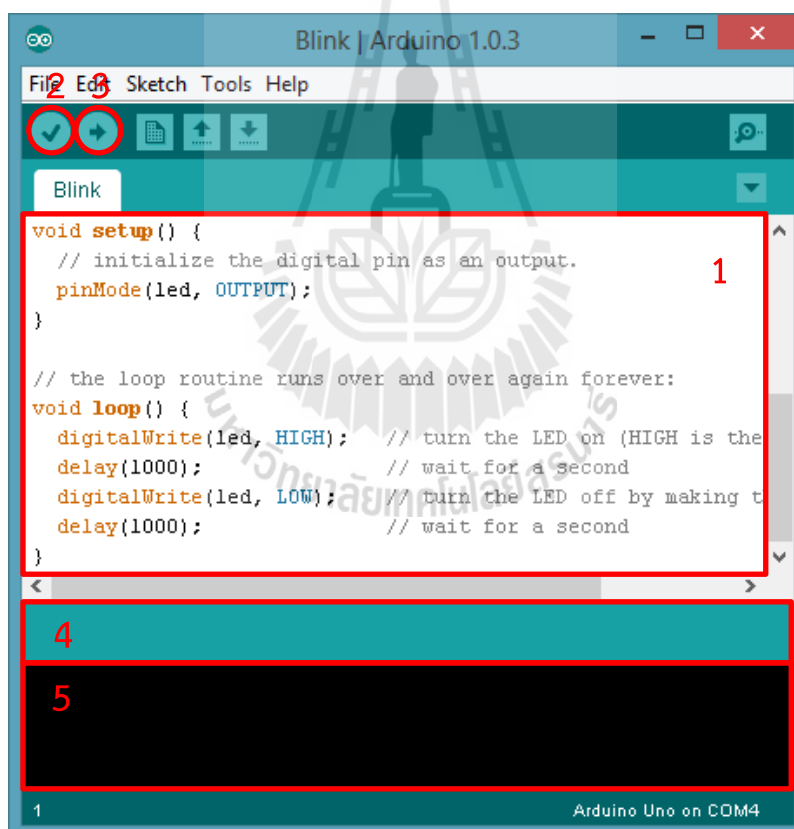
หมายเลข 2 : ปุ่ม Compiler

หมายเลข 3 : ปุ่ม Upload to Board

หมายเลข 4 : ช่องแสดง Status Program

หมายเลข 5 : ช่องแสดง Error

ส่วนการเข้าแสดงผลค่าจากสาย Serial สามารถเข้าไปได้ที่ Tool>>Serial Monitor



รูปที่ 2.15 หน้าต่างส่วนประกอบของโปรแกรม

## 2.7 โปรแกรม Arduino 1.6.3

โปรแกรม Arduino เป็นโปรแกรมที่สามารถใช้ได้กับบอร์ดทุกรุ่นของ Arduino ซึ่งสามารถรองรับคำสั่งที่ถูกส่งจากโปรแกรมได้

### 2.7.1 โปรแกรมคำสั่งของตัวรับ

```
#define Sw 24
#define LED_BLUE 22
#define LED_RED 23
#define LED_GREEN 25
#define alarm 26
int g=0;
boolean tog = false;
boolean tog_alarm = false;
void setup() {

Serial2.begin(9600); // ZigBee

pinMode(LED_BLUE,OUTPUT);
pinMode(LED_RED,OUTPUT);
pinMode(LED_GREEN,OUTPUT);
pinMode(Sw,INPUT);
pinMode(alarm,OUTPUT);
digitalWrite(LED_BLUE,HIGH);
digitalWrite(LED_RED,HIGH);
digitalWrite(LED_GREEN,HIGH);
digitalWrite(alarm,LOW);

Serial.begin(9600); // MOnitor
Serial1.begin(9600); // Sim800l
int l = 0;
```



```

boolean v = true;
Serial1.write("AT+CMGF=1"); // initial SIM800l
Serial1.write(0x0D);
digitalWrite(LED_BLUE,LOW);
while(v){
  if(Serial1.available()){
    l = Serial1.read();
    char t[10];
    sprintf(t,"%c",l);
    Serial.print(t);
    if(l=='E'){
      v=true;
      Serial1.write("AT+CMGF=1"); // initial SIM800l
      Serial1.write(0x0D);
      while(Serial1.available());
    }
    if(l=='K'){
      v=false;
      digitalWrite(LED_RED,LOW);
    }
  }
  // Serial.print(l);

}

attachInterrupt(0,sound,FALLING);
digitalWrite(LED_BLUE,HIGH);
}

void loop() {
  Serial2.write('B');
  delay(200);

```

```

int h = Serial2.available();
//Serial.println(h);
if(h>0){
    g = Serial2.read();
    // char ch1[20];
    // sprintf(ch1,"%c",g);
    // Serial.print(ch1);
}
if(h>=60){ // Connected
    digitalWrite(LED_GREEN,LOW);
    digitalWrite(LED_RED,HIGH);
    digitalWrite(alarm,LOW);
    tog = true;
    tog_alarm =true;
}
else{ // Disconnected
    if(tog_alarm)digitalWrite(alarm,HIGH);
    digitalWrite(LED_RED,LOW);
    digitalWrite(LED_GREEN,HIGH);
    if(tog==true)
    {
        send_message();
    }
    tog=false;
}
}

void sound(){
    tog_alarm = false;
    digitalWrite(alarm,LOW);
}

void send_message(){

```

```
digitalWrite(LED_BLUE,LOW);
delay(3000);
```

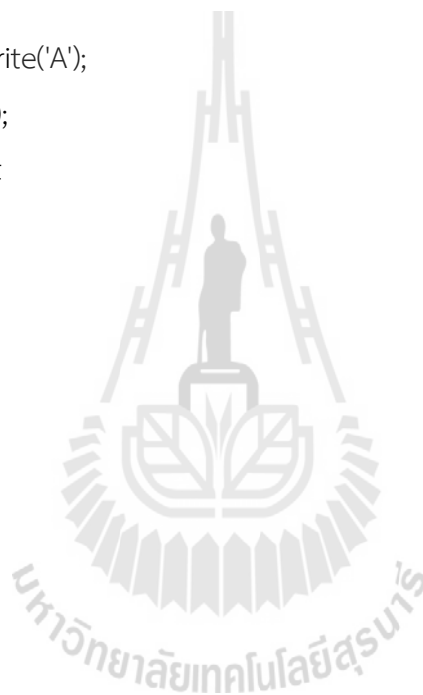
```
Serial1.write("AT+CMGS=\"+66874352304\"");
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
Serial1.write("Brand:Toyota    Camry    Color:Black    License    plate:    no    7666
Nakhonratsima");
Serial1.write(0x1A);
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
```

```
Serial1.write("AT+CMGS=\"+66914080348\"");
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
Serial1.write("Brand:Toyota    Camry    Color:Black    License    plate:    no    7666
Nakhonratsima");
Serial1.write(0x1A);
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
```

```
Serial1.write("AT+CMGS=\"+66981048865\"");
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
Serial1.write("Brand:Toyota    Camry    Color:Black    License    plate:    no    7666
Nakhonratsima");
Serial1.write(0x1A);
Serial1.write(0x0D);
delay(5000);
digitalWrite(LED_BLUE,HIGH);
}
```

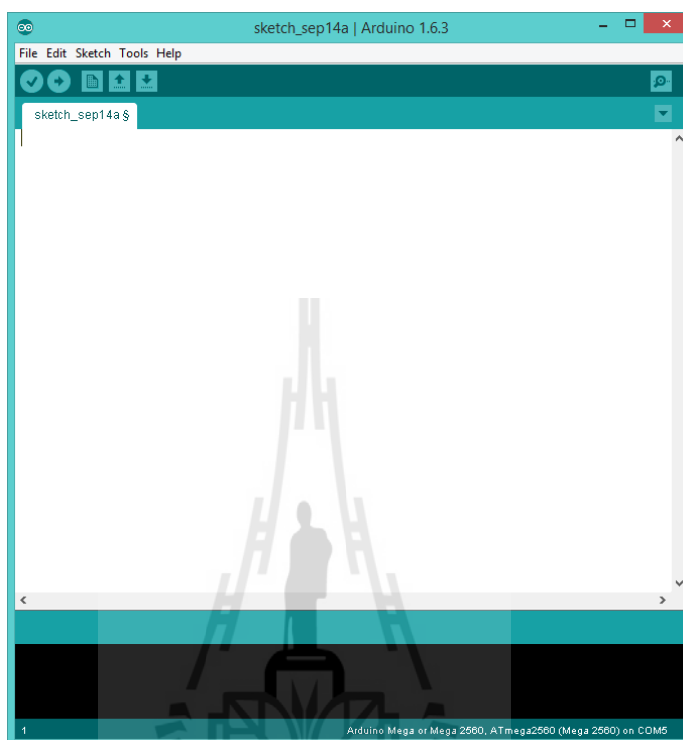
### 2.7.2 โปรแกรมคำสั่งของตัวส่ง

```
boolean tog = true;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600);
  //Serial3.begin(9600);
}
void loop() {
  if(Serial.available()){
    if(tog==true)Serial.write('A');
    else Serial.write('B');
    tog = !tog; // Invert
  }
}
```



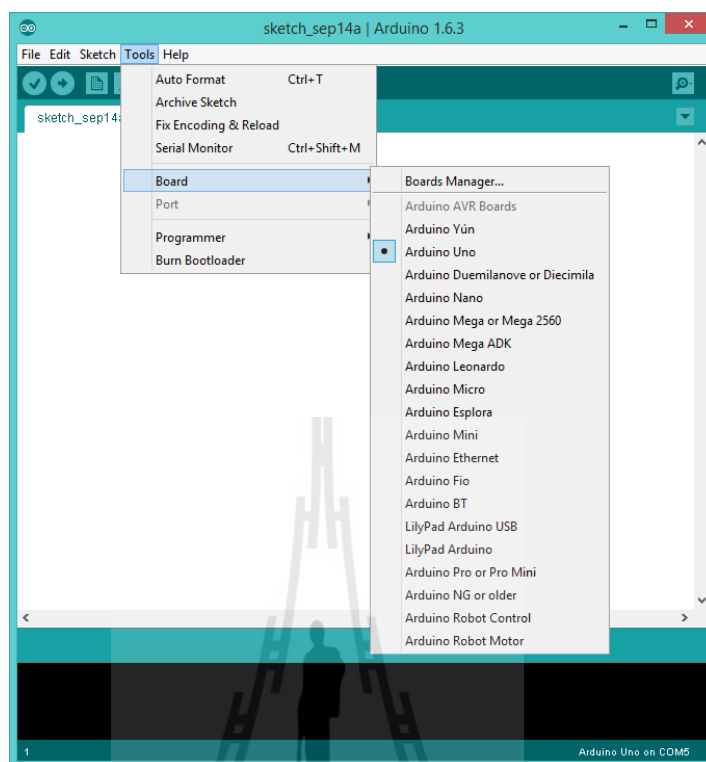
### 2.7.3 การตั้งค่าและการเริ่มต้นใช้งานโปรแกรม Arduino 1.6.3

1. เชื่อมต่อบอร์ด Arduino ผ่านทางพอร์ต USB และเปิดโปรแกรม Arduino IDE จะขึ้นหน้าต่างโปรแกรม(ดังรูปที่ 2.16)



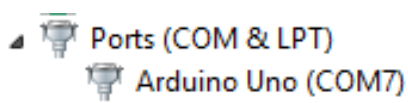
รูปที่ 2.16 หน้าต่างเริ่มต้นของโปรแกรม Arduino

2. การตั้งค่าบอร์ด Tool>>Board>>เลือกให้ตรงกับรุ่นที่ใช้งาน ดังที่แสดง (รูปที่ 2.17)



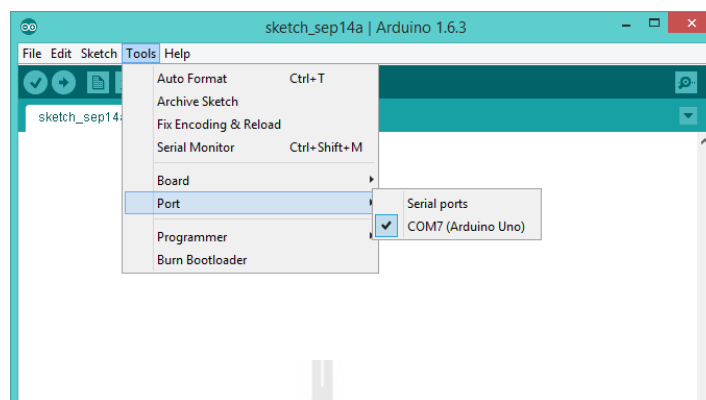
รูปที่ 2.17 วิธีการตั้งค่าบอร์ด Arduino

หากไม่ทราบว่าบอร์ด Arduino ต่อที่พอร์ตไหนนั้นสามารถเข้าไปดูได้โดยการคลิกขวาที่ My Computer เลือก Properties>>Device Manager>>Ports (COM&LPT) (ดังรูปที่ 2.18) จะเห็นได้ว่าบอร์ด Arduino UNO ได้ต่ออยู่ที่ COM7



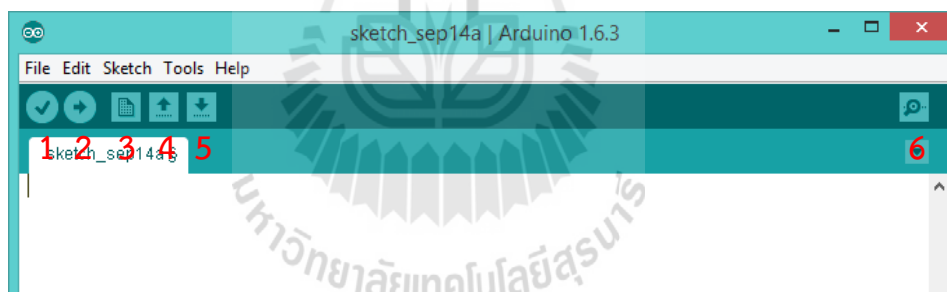
รูปที่ 2.18 ดูพอร์ตที่เชื่อมต่อกับบอร์ด Arduino

3. การตั้งค่าพอร์ตใช้งาน Tool>>Serial Port>>เลือกพอร์ตที่ต่อกับบอร์ด Arduino ดังที่แสดงใน (รูปที่ 2.19)



รูปที่ 2.19 วิธีการตั้งค่าพอร์ต

#### 2.7.4 ปุ่มหลักของโปรแกรม Arduino



รูปที่ 2.20 ปุ่มหลักที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม Arduino IDE

ปุ่มหลักที่ใช้ในการทำงานของโปรแกรม Arduino IDE มีทั้งหมด 6 ปุ่มด้วยกัน (ดังรูปที่ 2.20) ซึ่งแต่ละปุ่มมีหน้าที่ในการทำงาน ดังนี้

1. ปุ่ม Verify ใช้สำหรับตรวจสอบโค้ดที่เขียนเพื่อหาข้อผิดพลาด (Ctrl+R)
2. ปุ่ม Upload ใช้สำหรับทำการเขียนโค้ดไปยังบอร์ด Arduino (Ctrl+U)
3. ปุ่ม New ใช้สำหรับสร้างไฟล์ Sketch ขึ้นมาใหม่ (Ctrl+N)
4. ปุ่ม Open ใช้สำหรับเปิดไฟล์ Sketch ที่บันทึกไว้ (Ctrl+O)
5. ปุ่ม Save ใช้สำหรับบันทึกไฟล์ Sketch (Ctrl+S)
6. ปุ่ม Serial Monitor ใช้สำหรับเรียกใช้ตัวสื่อสารแบบ Serial (Ctrl+Shift+M)

วิธีการอัปโหลดโค้ดโปรแกรมลงบอร์ด Arduino

1. เชื่อมต่อบอร์ด Arduino เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB แล้วเปิดโปรแกรม Arduino IDE ทำการตั้งค่าบอร์ดและพอร์ตให้เรียบร้อย
2. พิมพ์โค้ดโปรแกรมคำสั่งของตัวรับหรือคำสั่งของตัวส่ง
3. ทำการ Verify โค้ดที่เขียนเพื่อตรวจสอบดูว่าโค้ดมีตรงไหนที่ผิดพลาดหรือไม่
4. ทำการอัปโหลดโค้ดลงบอร์ด Arduino





## 2.8 การสูญเสียการแพร่กระจายคลื่นในตัวกลางอากาศ

การสูญเสียของพลังงานคลื่นในอากาศทำให้ประสิทธิภาพการรับส่งลดลง ในทางปฏิบัติเราไม่สามารถที่จะหลีกเลี่ยงการสูญเสียนี้ได้ เป็นปรากฏการณ์ธรรมชาติที่สัญญาณของภาครับจะรับสัญญาณที่มีกำลังน้อยกว่าสัญญาณที่ส่งออกมา เนื่องจากการเดินทางในอากาศของพลังงานคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะลดลงตามระยะทางที่เคลื่อนที่<sup>[13]</sup>

### 2.8.1 สมการส่งของฟรีส

สมการของฟรีสเสนอขึ้นครั้งแรกโดยวิศวกรไฟฟ้าชาวเดนมาร์กคือ ฮาราล์ ทึ. ฟรีส มีใจความสำคัญสรุปไว้อย่างง่าย ๆ คือกำลังของคลื่นวิทยุจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทาง และสามารถใช้อธิบายถึงการเชื่อมโยงในระบบสื่อสาร เริ่มจากระบบสื่อสารไร้สายอย่างง่าย แสดงใน (รูปที่ 2.21) สมมติให้เครื่องส่งมี กำลังด้านออกเป็น  $P_t$  ส่งผ่านไปยังสายอากาศส่ง สายอากาศส่งมีอัตราขยาย  $G_t$  ผ่านออกไปสู่อากาศไปเครื่องรับ เข้าทางสายอากาศรับที่มีอัตราขยาย  $G_r$  กำลังที่ผ่านออกจากสายอากาศรับคือ  $P_r$  ระยะทางระหว่างสายอากาศส่งและสายอากาศรับคือระยะทาง  $r$  และเมื่อพิจารณาเริ่มต้นก่อนว่ากำลังที่ได้รับมาจากแหล่งกำเนิดชนิดไอโซทรอปิก สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$S_I = \frac{P_t}{4\pi r^2} \quad (2.1)$$

จะสมมติว่าไม่มีการคิดผลจากการสูญเสียในชั้นบรรยากาศ ผลจากการไม่แมทช์ของการโพลาไรซ์ ผลจากการไม่แมทช์ของอิมพีแดนซ์ที่ป้อนเข้าสายอากาศ อีกทั้งไม่มีการกีดขวางระหว่างสายอากาศส่งและรับ และสุดท้ายคือกำหนดให้สายอากาศทำงานในบริเวณสนามระยะไกล หากเราจะพิจารณาโดยเพิ่มเติมเงื่อนไขอัตราขยายของสายอากาศเข้าไปในสมการ ความหนาแน่นกำลังจะประกอบด้วยอัตราขยายของสายอากาศ รูปแบบของสมการจะเป็นดังนี้

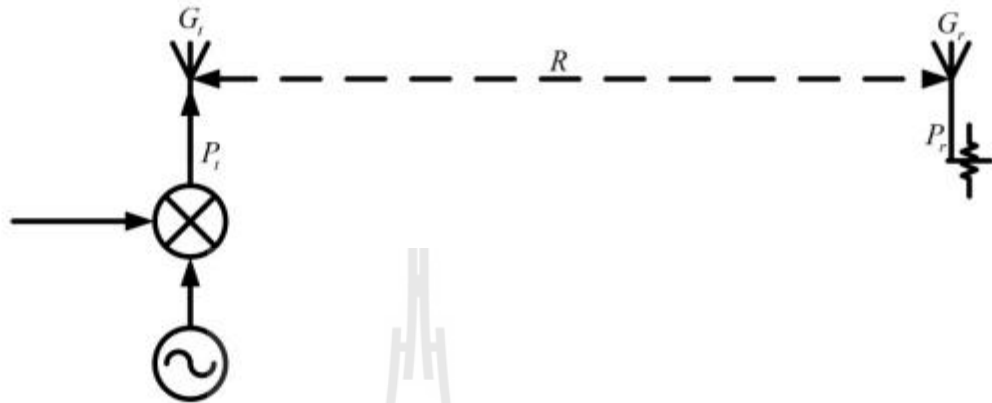
$$S_D = \frac{P_t}{4\pi r^2} G_t \quad (2.2)$$

กำลังที่ได้รับจะเท่ากับความหนาแน่นกำลังที่วัดโดยพื้นที่ประสิทธิภาพสายอากาศของเครื่องรับ

$$P_r = \frac{P_t G_t}{4\pi r^2} A_{er} \quad (2.3)$$

พื้นที่ประสิทธิผล  $A_{er}$  จะสัมพันธ์กับอัตราขยายสายอากาศโดยแสดงได้ดังนี้

$$G_r = \frac{4\pi}{\lambda_0^2} A_{er} \rightarrow A_{er} = \frac{G_r \lambda_0^2}{4\pi} \quad (2.4)$$



รูปที่ 2.21 ระบบการสื่อสารไร้สายอย่างง่าย

แทนค่า (2.4) ลงใน (2.3) ได้

$$P_r = P_t G_t G_r \left( \frac{\lambda_0}{4\pi r} \right)^2 \quad (2.5)$$

เมื่อ  $P_r$  คือ กำลังสัญญาณของภาครับ

$P_t$  คือ กำลังสัญญาณของภาคส่ง

$G_r$  คือ อัตราขยายของสายอากาศภาครับ

$G_t$  คือ อัตราขยายของสายอากาศภาคส่ง

$r$  คือ ระยะทางระหว่างภาครับและภาคส่ง

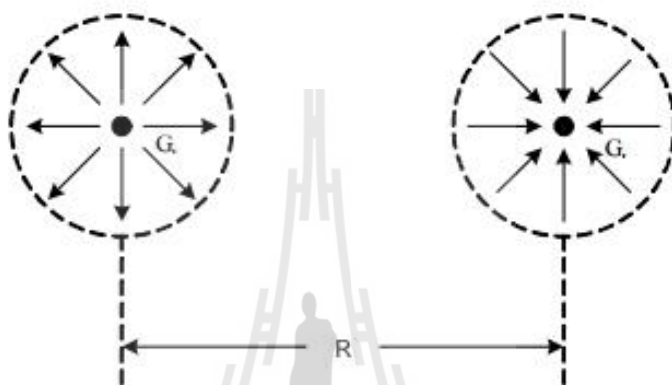
$\lambda_0$  คือ ความยาวคลื่นของสัญญาณ (แปรผกผันกับความถี่)

สมการนี้รู้จักกันในชื่อว่า สมการกำลังฟรีส กล่าวคือกำลังที่ได้รับแปรผันตรงกับอัตราขยายของสายอากาศและแปรผกผันกับระยะทาง  $r^2$  หากเราสมมติให้กำลังต่ำสุดที่เครื่องรับสามารถรับได้เป็น  $P_r = S_{i,min}$  สัญญาณต่ำสุดจะแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทาง และที่กำลังต่ำสุดนี้จะเป็นตัวกำหนดหรือเป็นตัวบอกระยะทางที่ไกลที่สุดที่เครื่องรับแต่ละเครื่องสามารถรับได้

$$R_{max} = \sqrt{\frac{P_t G_t G_r \lambda_0^2}{(4\pi)^2 S_{i,min}}} \quad (2.6)$$

### 2.8.2 การสูญเสียในอากาศ

พลังงานของคลื่นวิทยุขณะแพร่กระจายในอากาศจะเกิดการสูญเสียสามารถอธิบายปรากฏการณ์ดังกล่าวได้จากสมการของความหนาแน่นกำลัง  $P_t/4\pi r^2$  สำหรับสายอากาศไอโซทรอปิกพลังงานจะลดลงตามค่า  $1/R^2$  กล่าวคือเมื่อระยะทางเพิ่มขึ้นพลังงานจะลดลง โดยแปรผกผันกับกำลังสองของระยะทาง สามารถเขียนเป็นรูปของระบบได้ตาม(รูปที่ 2.22)กำหนดให้ทั้งสายอากาศส่งและสายอากาศรับเป็นสายอากาศชนิดไอโซทรอปิก ( $G_r = G_t = 1$ )



รูปที่ 2.22 สายอากาศไอโซทรอปิกสองตัววางห่างกันเป็นระยะทางเท่ากับ R ( $r = R =$  ระยะทาง)

ดังนั้นจากสมการที่ 2.5 เขียนเป็นความสัมพันธ์ได้คือ

$$P_r = P_t \left( \frac{\lambda_0}{4\pi r} \right)^2 \quad (2.7)$$

อัตราส่วนของการสูญเสียจะหมายถึง อัตราส่วนระหว่างกำลังด้านส่ง ( $P_t$ ) และกำลังด้านรับ ( $P_r$ ) หากจัดรูปสมการให้อยู่ในรูปของกำลังด้านส่งและกำลังด้านรับจะเรียกว่า อัตราส่วนการสูญเสียในอากาศ (space) เขียนได้เป็น

$$\frac{P_t}{P_r} = \left( \frac{4\pi r}{\lambda_0} \right)^2 \quad (2.8)$$

## 2.9 การสูญเสียเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

ในการส่งสัญญาณแบบไร้สายนั้นสัญญาณที่เดินทางจากภาคส่งไปยังภาครับนั้นต้องผ่านตัวกลางชนิดต่างๆ ทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ<sup>[14]</sup> เพราะเหตุนี้จึงทำให้ภาครับไม่สามารถรับสัญญาณที่ภาคส่งส่งมาได้ทั้งหมด ตัวกลางสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

1. ตัวกลางที่ไม่มีการสูญเสีย

$$\text{ค่าคงที่การลดทอน } \alpha = 0$$

2. ตัวกลางที่มีค่าการสูญเสียต่ำ

ตัวกลางที่เป็นไดอิเล็กตริกที่มีค่าการสูญเสียต่ำ (low-loss dielectric) มีคุณสมบัติเป็นฉนวน (insulator) ที่ดีแต่ไม่สมบูรณ์ 100% เนื่องจากค่าความนำ

$$\text{ไฟฟ้า (conductivity) ไม่ได้มีค่าเป็นศูนย์ ค่าคงที่การลดทอน } \alpha = \frac{\sigma}{2} \sqrt{\frac{\mu}{\epsilon}}$$

3. ตัวกลางที่มีค่าการสูญเสียสูง

ตัวกลางที่มีคุณสมบัติเป็นตัวนำที่ดี (good conductor) ค่าคงที่การ

$$\text{ลดทอน } \alpha = \sqrt{\pi f \mu \sigma}$$

โดย  $\sigma$  คือ ค่าความนำไฟฟ้า (S/m)

$\mu$  คือ สภาพความซึมซาบได้ทางแม่เหล็ก (H/m)

$\epsilon$  คือ สภาพยอมทางไฟฟ้า (F/m)

จากสมการที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่าตัวกลางยิ่งนำไฟฟ้ามากก็ยิ่งมีการสูญเสียมาก จึงทำให้สามารถสรุปได้ว่าค่าการสูญเสียของตัวกลางแปรผันตรงกับค่าความนำไฟฟ้า

## 2.10 กล่าวสรุป

จากแนวคิดเริ่มแรกในการทำอุปกรณ์เพื่อป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะ ทำให้ผู้จัดทำโครงการได้ศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบและวิธีการโจรกรรมยานพาหนะในรูปแบบต่างๆ ทำให้พบว่าระบบการสื่อสารที่เหมาะสมกับอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมยานพาหนะนี้คือ การสื่อสารไร้สาย โดยมีหลักการพื้นฐานก็คือ การที่อุปกรณ์ส่งนั้นจะส่งข้อมูลออกมาจากสถานีฐานโดยอาศัยกระบวนการโมดูเลชันแล้วส่งออกไป โดยมีเซลล์ช่วยในการที่จะให้อุปกรณ์รับนั้นสามารถรับข้อมูลที่ส่งมาถึงจุดหมาย ซึ่งการสื่อสารไร้สายนั้นจะต้องมีตัวกลางในการสื่อสาร เช่น คลื่นวิทยุ สัญญาณไมโครเวฟ เป็นต้น ซึ่งอยู่ภายใต้มาตรฐาน IEEE 802.11

การสื่อสารแบบไร้สายนั้นจะต้องอ้างอิงอยู่กับความถี่ ซึ่งยิ่งความถี่มากความยาวคลื่นยิ่งต่ำ ประกอบกับการที่ความถี่สูงนั้นมีอำนาจในการทะลุทะลวงมาก ทำให้ดูดซับค่าพลังงานของตัวกลางต่างๆ ได้มากกว่า และช่องสัญญาณในการสื่อสารซึ่งมีอุปสรรคจากสิ่งกีดขวางต่างๆ ก่อให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ จึงส่งผลกระทบต่อประสิทธิภาพของระบบการสื่อสารส่งผลให้ระยะทางที่ได้นั้นลดน้อยลงมาก ดังนั้นการที่เราต้องการให้อุปกรณ์สามารถส่งสัญญาณได้ไกลโดยไม่ต้องมีตัวกวนสัญญาณระหว่างการส่งนั้น เราจึงเลือกสัญญาณที่มีความถี่ต่ำจะดีกว่า ซึ่งในที่นี้เราได้เลือกอุปกรณ์ ZigBee และ GSM Module และอาศัยสายอากาศแบบเส้นลวดตรงเพื่อแก้ปัญหาและช่วยในการส่งสัญญาณให้ได้ดีกว่าเดิม ในการใช้งานครั้งนี้ได้แยกอุปกรณ์ออกเป็นสองส่วน คือ อุปกรณ์ภาคส่งและอุปกรณ์ภาครับ โดยภาคส่งจะอยู่ในยานพาหนะทำการส่งสัญญาณออกมาตลอดเวลา เมื่อพบว่าภาคส่งเกิดการผิดปกติ หรือสัญญาณการส่งขาดหายไป ที่ภาครับจะทำการเตือนด้วยเสียงและทำการส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังผู้ใช้งาน

## บทที่ 3

### ชุดอุปกรณ์ต้นแบบและผลการทดสอบ

#### 3.1 กล่าวนำ

ในบทนี้จะกล่าวถึงชุดอุปกรณ์ต้นแบบของสัญญาณเตือนภัยเพื่อป้องกันการโจรกรรมของยานพาหนะ โดยชุดอุปกรณ์จะประกอบไปด้วย 2 ส่วนหลัก คือ อุปกรณ์ภาคส่งซึ่งจะติดตั้งไว้ในยานพาหนะ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณไปยังอุปกรณ์ภาครับที่ติดตั้งอยู่กับที่ และส่วนที่สองได้แก่อุปกรณ์ภาครับซึ่งจะติดตั้งไว้หอพักหรือตัวอาคารที่พัก ทำหน้าที่รับข้อมูลจากอุปกรณ์ภาคส่ง เมื่อใดที่อุปกรณ์ภาคส่งไม่สามารถส่งสัญญาณมายังอุปกรณ์ภาครับได้สัญญาณเตือนที่ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์ภาครับจะดังขึ้นทันทีและส่งข้อความแจ้งเตือนไปยังโทรศัพท์ของผู้ใช้ และในบทนี้ยังได้กล่าวถึงการทดสอบชุดอุปกรณ์ในสถานการณ์ต่างๆ ความเร็ว สภาพอากาศและสภาพสิ่งแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อที่จะได้รู้ถึงความสามารถและขอบเขตการทำงานของชุดอุปกรณ์นี้ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ หัวข้อ 3.1 กล่าวนำ หัวข้อ 3.2 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ หัวข้อ 3.3 การติดตั้งและการใช้งานชุดอุปกรณ์ก่อนการทดสอบ หัวข้อ 3.4 ผลการทดสอบ หัวข้อ 3.5 กล่าวสรุป

#### 3.2 ชุดอุปกรณ์ต้นแบบ

ชุดอุปกรณ์ต้นแบบประกอบไปด้วย 2 ส่วนคือ ชุดอุปกรณ์ภาคส่ง และชุดอุปกรณ์ภาครับ ซึ่งมีอุปกรณ์หลักคือ บอร์ด Arduino UNO R3 และ ZigBee SZ05 Pro ในภาคส่ง และในภาครับ Arduino MEGA 2560 และ ZigBee SZ05 Pro ทำงานร่วมกับ GSM Module SIM800L คอยทำหน้าที่ส่งข้อความแจ้งเตือน



รูปที่ 3.1 อุปกรณ์ภาคส่งและอุปกรณ์ภาครับ

### 3.2.1 ชุดอุปกรณ์ภาคส่ง

ชุดอุปกรณ์ภาคส่งดังรูปที่ 3.2 จะมีอยู่ 1 ชุด ซึ่งมีองค์ประกอบภายในและการเชื่อมต่อเหมือนกันดังแสดงในรูปที่ 3.3

ขา GND ของ ZigBee เชื่อมต่อกับขา GND ของบอร์ด Arduino

ขา VCC ของ ZigBee เชื่อมต่อกับขา 5 โวลต์ของบอร์ด Arduino

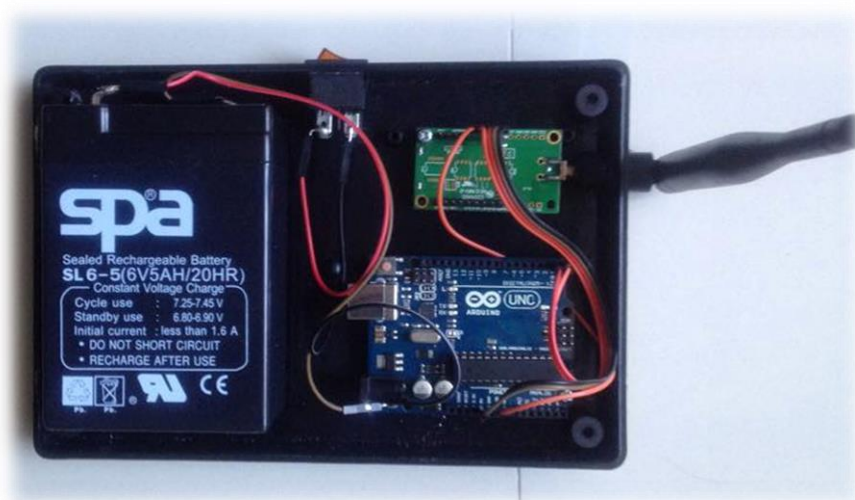
ขาที่ 17 (Rx1) ของ ZigBee เชื่อมต่อกับขา 1 (Tx) ของบอร์ด Arduino

ขาที่ 18 (Tx1) ของ ZigBee เชื่อมต่อกับขา 0 (Rx) ของบอร์ด Arduino

นำแบตเตอรี่มาเชื่อมต่อที่ช่องเสียบไฟของ Arduino โดยผ่านสวิตช์เพื่อปิดเปิดแหล่งจ่าย



รูปที่ 3.2 อุปกรณ์ภาคส่ง



รูปที่ 3.3 การเชื่อมต่อบอร์ด Arduino UNO R3 กับ ZigBee รุ่น SZ05 Pro และแบตเตอรี่



รูปที่ 3.4 อุปกรณ์ภาครับ

### 3.2.2 ชุดอุปกรณ์ภาครับ

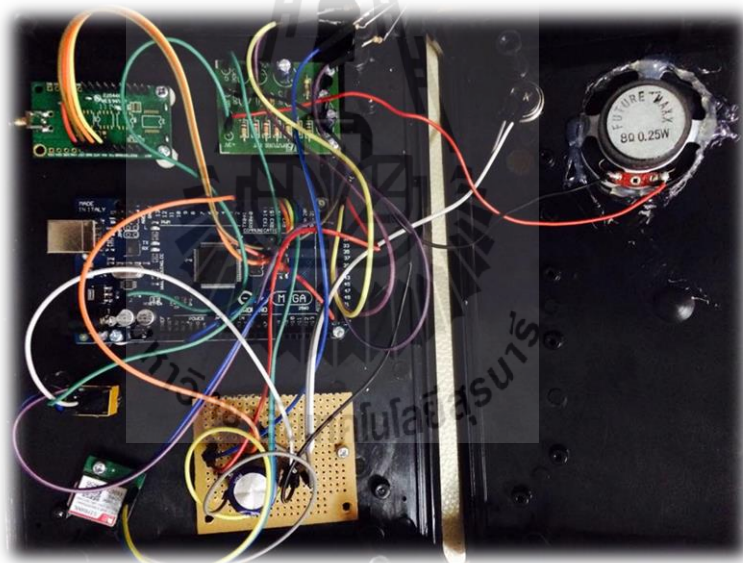
ชุดอุปกรณ์ภาครับดังรูปที่ 3.4 ประกอบด้วย ZigBee SZ05 Pro บอร์ด Arduino MEGA 2560 GSM Module SIM800L วงจรเสียงเตือนและรีเลย์ 5 โวลต์เชื่อมต่อกันผ่านแผงไข่ปลา ดังรูปที่ 3.5 ซึ่งอธิบายการเชื่อมต่อได้ดังนี้

- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 17 (Rx2) เชื่อมต่อกับ ZigBee ที่ขา Tx
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 16 (Tx2) เชื่อมต่อกับ ZigBee ที่ขา Rx
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 19 (Rx1) เชื่อมต่อกับ GSM Module SIM800L ที่ขา Tx



- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 18 (Tx1) เชื่อมต่อกับ GSM Module SIM800L ที่ขา Rx
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 2 เชื่อมต่อกับสวิตช์และรีเลย์
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 26 เชื่อมต่อกับแผงไข่ปลา
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา 25,22,23 เชื่อมต่อกับหลอดไฟ
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา GND เชื่อมต่อกับแผงไข่ปลาและ GND ของ ZigBee
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา GND เชื่อมต่อกับแผงไข่ปลาและ GND ของ GSM Module SIM800L
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา VCC 5 โวลต์ เชื่อมต่อกับแผงไข่ปลาและ ZigBee ที่ขา VCC
- บอร์ด Arduino MEGA 2560 ขา GND เชื่อมต่อกับแผงไข่ปลาและ GSM Module SIM800L ที่ขา VCC โดยผ่านไดโอด 1N4007 และ Capacitor 2200 ไมโครวัตต์และเชื่อมต่อกับ Relay

การเชื่อมต่อวงจรในอุปกรณ์ภาครับมีการใช้แผงไข่ปลาเป็นตัวกลางในการเชื่อมต่อวงจร ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 การเชื่อมต่อภายในอุปกรณ์ภาครับ

### 3.2.3 การทำงานระหว่างอุปกรณ์ภาครับและภาคส่ง

อุปกรณ์ภาคส่งจะทำหน้าที่ส่งข้อมูลให้ภาครับตลอดเวลาโดยภาคส่งจะส่งข้อมูลไปเรื่อยๆ ถ้าภาครับไม่ได้รับข้อมูลหรือข้อมูลอาจเกิดการสูญหาย ภาครับจะทำการตรวจสอบว่ายังไม่ได้รับข้อมูลจากภาคส่งหรือไม่ได้รับหรือเกิดความผิดพลาดในการส่งข้อมูลที่ทำให้ไม่ได้รับข้อมูลจากภาคส่ง รีเลย์ที่อยู่ที่ภาครับจะทำการสับสวิตช์เพื่อให้ครบวงจร และวงจรจะจ่ายไฟไปที่วงจรเสียงเตือน เพื่อทำการแจ้งเตือนด้วยเสียงและ GSM Module SIM800L จะทำการส่งข้อความไปที่โทรศัพท์ของผู้ใช้

### 3.3 การติดตั้งและการใช้งานอุปกรณ์ก่อนการทดสอบ

ก่อนที่จะทำการทดสอบเราต้องมีการติดตั้งชุดอุปกรณ์ต้นแบบ โดยแบ่งออกเป็นชุดอุปกรณ์ภาครับและชุดอุปกรณ์ภาคส่ง โดยชุดอุปกรณ์ภาครับที่ต่ออยู่กับวงจรเสียงและ GSM Module SIM800L จะทำการติดตั้งอยู่กับที่ เนื่องจากต้องมีการจ่ายไฟให้ตลอดเวลา จึงจำเป็นต้องอยู่ในที่ลุ่ม ในการทดสอบนี้จะเน้นการทดสอบที่บริเวณหอพักนักศึกษา จึงได้ติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาครับไว้บริเวณ ป้อมพนักงานรักษาความปลอดภัย เพื่อง่ายต่อการควบคุม และเมื่อจำลองสถานการณ์จริงแล้วผู้ควบคุมดูแลชุดอุปกรณ์นั้นจำเป็นต้องเป็นผู้ดูแลทรัพย์สินและรักษาความปลอดภัยของหอพักนักศึกษา เพื่อง่ายต่อการตามจับขโมย ส่วนอุปกรณ์ภาคส่งนั้นจะทำการติดตั้งอยู่กับตัวยานพาหนะ โดยซ่อนไว้ภายในตัวรถยนต์แล้วทางผู้จัดทำจึงได้จำลองสถานการณ์การติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาครับและภาคส่ง ดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ติดตั้งอุปกรณ์ภาครับที่จุดทดสอบภายในอาคาร ในแต่ละการทดสอบจะจำลองที่ติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาครับที่แตกต่างกันแล้วแต่จุดทดสอบ ในที่นี้ยกตัวอย่างป้อมพนักงานรักษาความปลอดภัยบริเวณหอพักสุรนิวศ ดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 บริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ภาครับภายในอาคารที่ทดสอบ



รูปที่ 3.7 การติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาคส่ง

2. ติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาคส่ง โดยทำการเปิด On ที่ตัวเครื่อง

3. ทำการทดสอบโดยจำลองสถานการณ์จริง เมื่อเปิดเครื่องที่ภาครับ จะมีไฟสีน้ำเงินขึ้นมา ก่อนเป็นการบอกว่ายังไม่พร้อมทำงานแต่เมื่อไฟเปลี่ยนเป็นสีแดงหมายถึงพร้อมที่จะเชื่อมต่อกับ ภาคส่งแล้วเมื่อเราเปิดสวิทช์ที่ภาคส่งไฟจะเป็นสีเขียวคือภาครับและภาคส่งได้มีการเชื่อมต่อกันแล้ว จนกระทั่งภาคส่งขาดการติดต่อกับภาครับจะมีสัญญาณเสียงแจ้งเตือนขึ้นในขณะเดียวกันข้อความก็จะถูกส่งออกไปด้วยในขณะที่ข้อความส่งออกนั้นไฟจะขึ้นเป็นสีม่วง

4. ที่อุปกรณ์ภาครับจะมีสวิทช์ที่ควบคุมการปิดเสียง โดยเมื่อเสียงเตือนดังขึ้นผู้ควบคุม อุปกรณ์ภาครับสามารถทำการปิดเสียงเตือนด้วยสวิทช์ที่ติดกับตัวเครื่องได้ ดังรูปที่ 3.8



รูปที่ 3.8 อุปกรณ์ภาครับ

### 3.4 ผลการทดสอบ

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการวัดผลการทำงานของชิ้นงานต้นแบบที่สร้างขึ้นซึ่งอุปกรณ์ต้นแบบจะประกอบด้วยบอร์ด Arduino ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของชิ้นงาน และ ZigBee ทำหน้าที่ส่งข้อมูลเพื่อติดต่อระหว่างตัวรับและตัวส่ง ซึ่งในที่นี้ผู้จัดทำโครงงานได้นำอุปกรณ์ต้นแบบไปทดสอบในรูปแบบต่างๆ ได้แก่ หัวข้อ 3.4.1 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ความเร็วต่างกัน หัวข้อ 3.4.2 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพแวดล้อมต่างกัน หัวข้อ 3.4.3 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพอากาศต่างกัน หัวข้อ 3.4.4 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ตัวรับอยู่ในอาคารและนอกอาคาร หัวข้อ 3.4.5 เวลาในการส่งข้อมูลแจ้งเตือน GSM Module เมื่อตัวรับและตัวส่งขาดการติดต่อเพื่อที่จะได้รับรู้ถึงความสามารถและขอบเขตการทำงานของชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้ด้วย ซึ่งผลการทดสอบจะแสดงดังต่อไปนี้

#### 3.4.1 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ความเร็วต่างกัน

ในการทดสอบที่ความเร็วต่างๆ ผู้จัดทำโครงงานได้เลือกถนนบริเวณสระสามแสนในการทดสอบ เพราะลักษณะของถนนเป็นเส้นทางตรงและโล่ง ดังรูปที่ 3.9 ทำให้ไม่มีตัวแปรอื่นเข้ามาทำให้ค่าที่วัดได้เกิดความผิดพลาด โดยการนำภาครับไปติดตั้งภายในบริเวณชมรมเรือพาย และนำภาคส่งติดตั้งภายในรถยนต์ ดังรูปที่ 3.10 แล้วทำการทดสอบซ้ำรถด้วยความเร็วคงที่ โดยทางผู้จัดทำได้เลือกความเร็วที่ 20 30 40 50 และ 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ซึ่งได้ผลการทดสอบ ดังตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 การทดสอบการขาดการติดต่อในความเร็วต่างกัน

ความเร็ว (กิโลเมตรต่อชั่วโมง)	ระยะทางที่ภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อ (เมตร)					ระยะทางเฉลี่ย (เมตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
20	250	240	250	260	250	250
30	250	240	250	240	250	246
40	260	250	250	240	250	250
50	250	250	240	260	250	250
60	250	250	240	250	240	246

หมายเหตุ : ทดสอบที่บริเวณสระสามแสน

ค่าที่ได้ในตารางที่ 3.1 เป็นค่าที่ได้จากการทดสอบที่ความเร็วต่างๆ ด้วยความเร็วที่คงที่ตลอดการทดสอบ โดยทดสอบจำนวน 5 ครั้ง ในแต่ละความเร็ว ภายในวันเดียวกัน สภาพภูมิอากาศเดียวกัน สภาพแวดล้อมเดียวกัน เพื่อให้ได้ค่าที่มีเพียงแค่ความเร็วเป็นตัวแปรเท่านั้น



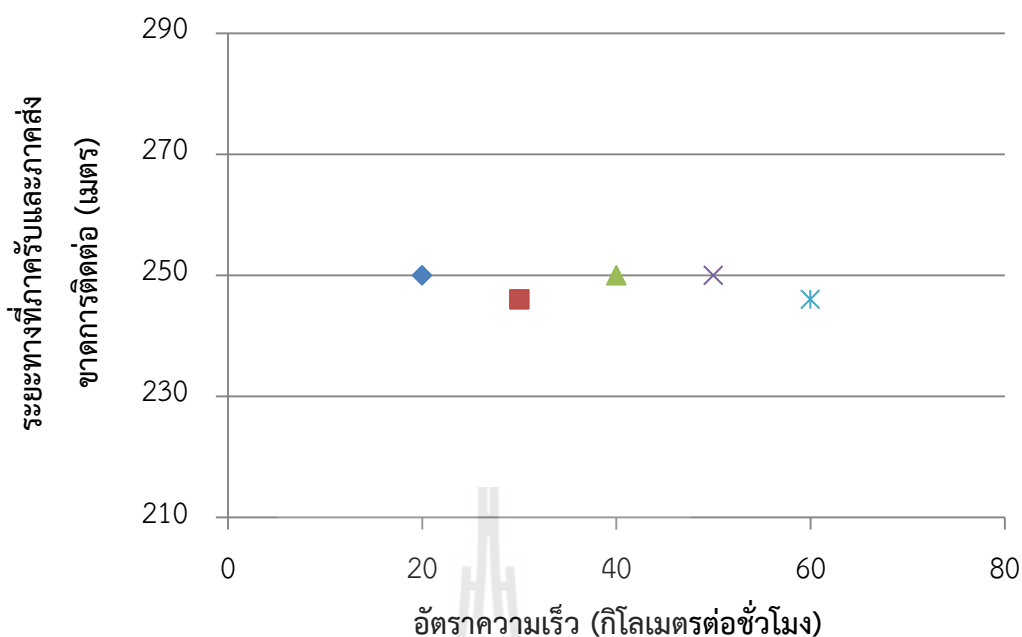
จะเห็นได้ว่าผลการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง ที่ความเร็วต่างๆ ค่าที่ได้จะมีค่าใกล้เคียงกัน จึงแสดงให้เห็นว่าความเร็วไม่มีผลกับระยะทางในการรับส่งข้อมูล โดยนำค่าเฉลี่ยที่ได้มาพล็อตกราฟเพื่อให้เห็นชัดเจนมากขึ้น ดังรูปที่ 3.11



รูปที่ 3.9 ถนนบริเวณสระสามแสน



รูปที่ 3.10 การติดตั้งภาคส่งภายในรถยนต์



รูปที่ 3.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางระหว่างตัวส่งและตัวรับที่ความเร็วต่างๆ

จากผลการทดสอบ ในตารางที่ 3.1พบว่า

ที่ความเร็ว 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งเฉลี่ยอยู่ที่ 250 เมตร

ที่ความเร็ว 30 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งเฉลี่ยอยู่ที่ 246 เมตร

ที่ความเร็ว 40 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งเฉลี่ยอยู่ที่ 250 เมตร

ที่ความเร็ว 50 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งเฉลี่ยอยู่ที่ 250 เมตร

ที่ความเร็ว 60 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งเฉลี่ยอยู่ที่ 246 เมตร

ซึ่งจากการเปรียบเทียบกราฟในรูปที่ 3.11 เมื่อนำมาพิจารณาจะพบว่า ไม่ว่าจะใช้ความเร็วที่ต่างกันผลที่ได้รับ คือ ระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งนั้นก็มีค่าใกล้เคียงกันอยู่ที่ 246 - 250 เมตร ซึ่งทางผู้จัดทำจึงได้สรุปว่าความเร็วของภาคส่งนั้นไม่มีผลกับระยะทางในการรับส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่ง

### 3.4.2 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพแวดล้อมต่างกัน

ในการทดสอบนี้ผู้จัดทำต้องการที่จะทดสอบเพื่อศึกษาว่าสภาพแวดล้อมที่ต่างกันนั้นมีผลต่อการรับส่งสัญญาณของชุดอุปกรณ์หรือไม่ ซึ่งอุปกรณ์ภาครับเราจะติดตั้งภายในตัวอาคารหรือบริเวณโถงที่พนักงานรักษาความปลอดภัยนั่งอยู่ ดังรูปที่ 3.12 บริเวณที่ทำการทดสอบสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม ดังนี้



รูปที่ 3.12 การติดตั้งอุปกรณ์ภาครับ

กลุ่มที่ 1 คือ พื้นที่โล่ง ได้แก่ บริเวณถนนต่างๆ ดังรูป



รูปที่ 3.13 จุดที่ 1 ถนนบริเวณสนามเทนนิส



รูปที่ 3.14 จุดที่ 2 บริเวณลานวัฒนธรรม



รูปที่ 3.15 จุดที่ 3 ถนนบริเวณทางไปฟาร์มมหาวิทยาลัย

ซึ่งจากบริเวณต่างๆ ที่เป็นพื้นที่โล่งที่กล่าวมานั้น ทางคณะผู้จัดทำจะทำการทดสอบการรับส่งสัญญาณจุดละ 5 ครั้ง ซึ่งการทดสอบในแต่ละครั้งก็จะทำการบันทึกผลทุกครั้ง จึงได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.2



ตารางที่ 3.2 การทดสอบการขาดการติดต่อบริเวณกลุ่มที่ 1 พื้นที่โล่ง

จุดทดสอบที่	ระยะทางที่ภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อ (เมตร)					ค่าเฉลี่ย (เมตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	240	260	260	250	240	250
2	250	240	240	260	250	248
3	250	240	260	260	250	252

กลุ่มที่ 2 คือ พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง ได้แก่ บริเวณลานจอดรถตามอาคารเรียนและหอพักต่างๆ ดังรูป



รูปที่ 3.16 จุดที่ 1 บริเวณลานจอดรถยนต์อาคารเรียนรวม 1



รูปที่ 3.17 จุดที่ 1 บริเวณลานจอดรถจักรยานยนต์อาคารเรียนรวม 1



รูปที่ 3.18 จุดที่ 2 บริเวณลานจอดรถหอพักสุรนิเวศ 15



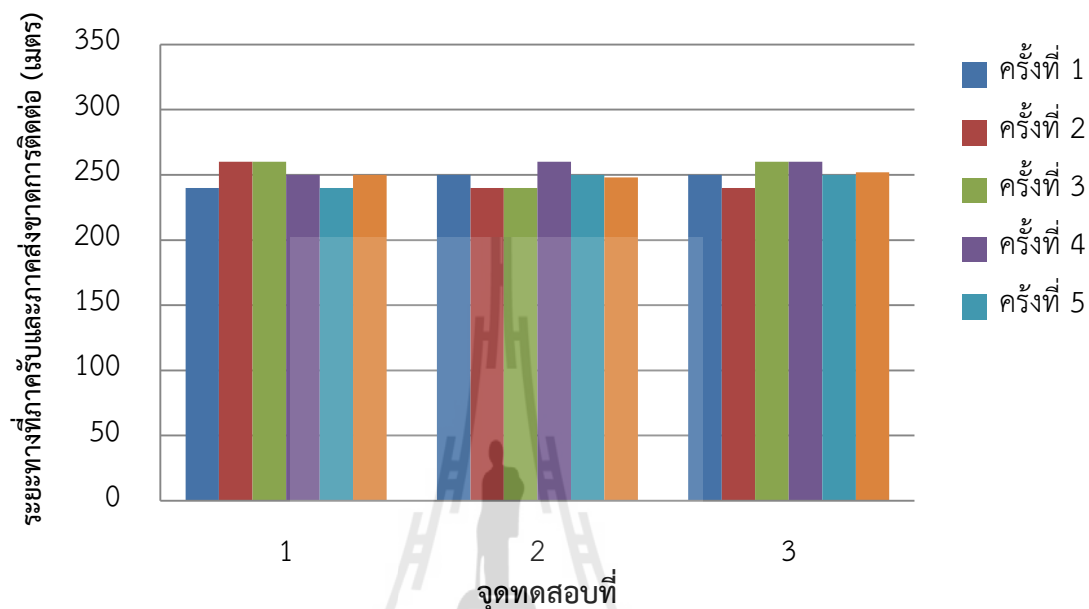
รูปที่ 3.19 จุดที่ 3 บริเวณลานจอดรถอาคารบริการ 9-10

ซึ่งจากบริเวณต่างๆ ที่มีสิ่งกีดขวางดังที่กล่าวมานั้น ทางคณะผู้จัดทำจะทำการทดสอบการรับส่งสัญญาณจุดละ 5 ครั้ง ซึ่งการทดสอบในแต่ละครั้งก็จะทำการบันทึกผลทุกครั้ง จึงได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.3

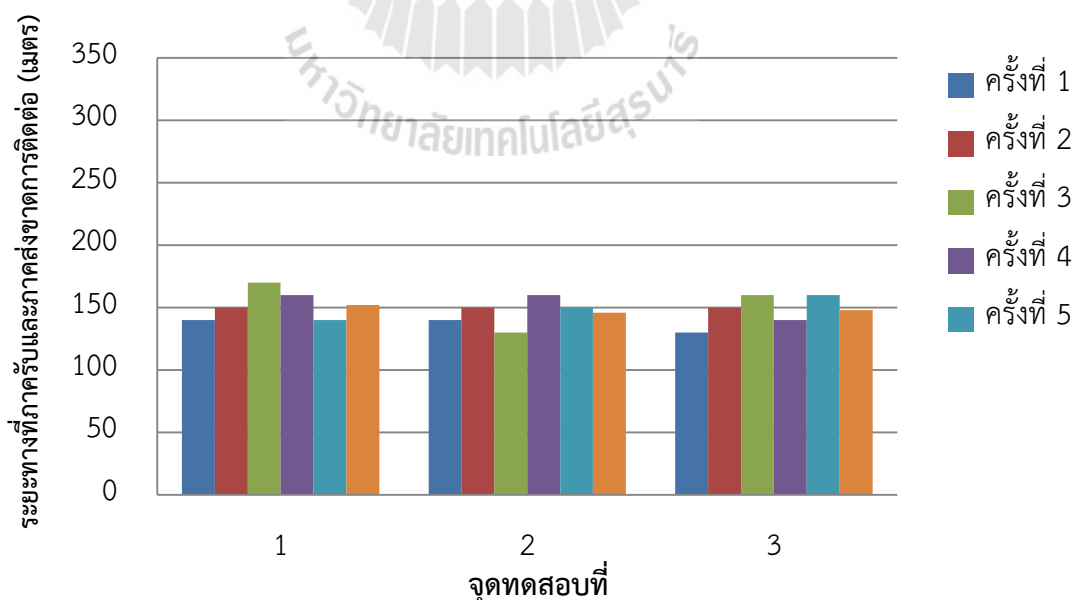
ตารางที่ 3.3 การทดสอบการขาดการติดต่อบริเวณกลุ่มที่ 2 พื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง

จุดทดสอบที่	ระยะทางที่ภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อ (เมตร)					ค่าเฉลี่ย (เมตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
1	140	150	170	160	140	152
2	140	150	130	160	150	146
3	130	150	160	140	160	148

จากตารางผลการทดสอบของกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 2 จะเห็นว่าระยะทางระหว่างตัวรับและตัวส่งนั้นมีค่าใกล้เคียงกันในสภาพแวดล้อมที่คล้ายๆกัน แต่บริเวณพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวางนั้นจะมีการรับส่งสัญญาณกันได้ในระยะใกล้ๆเท่านั้น และเพื่อให้เห็นภาพที่ชัดเจนมากยิ่งขึ้น คณะผู้จัดทำจึงได้นำค่าในตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 มาทำการพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบได้ ดังนี้



รูปที่ 3.20 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่งในพื้นที่โล่ง



รูปที่ 3.21 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างระยะทางของตัวรับและตัวส่งในพื้นที่ที่มีสิ่งกีดขวาง

จากผลการทดสอบดังตารางที่ 3.2 และตารางที่ 3.3 จะพบว่า

บริเวณที่โล่งจะมีระยะทางเฉลี่ยอยู่ที่ 248 – 252 เมตร

บริเวณที่มีสิ่งกีดขวางจะมีระยะทางเฉลี่ยอยู่ที่ 146 – 152 เมตร

เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากการทดสอบมาพล็อตกราฟเพื่อเปรียบเทียบดังรูปที่ 3.20 และรูปที่ 3.21 จะเห็นได้ว่าค่าที่ได้จากการทดสอบในกลุ่มสภาพแวดล้อมที่มีสิ่งกีดขวางนั้น การรับส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่งนั้นสามารถรับส่งกันได้ในระยะที่ใกล้กว่าการรับส่งข้อมูลที่สภาพแวดล้อมที่โล่ง เพราะเหตุนี้ผู้จัดทำจึงสรุปได้ว่าสภาพแวดล้อมนั้นมีผลต่อการรับส่งสัญญาณ

### 3.4.3 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่สภาพอากาศต่างกัน

อีกปัจจัยหนึ่งที่คณะผู้จัดทำได้คำนึงถึงนั้นคือ สภาพอากาศ จึงได้ทำการทดสอบอุปกรณ์นี้ที่สภาพอากาศต่างๆ ได้แก่ ฝนตก มีแดด ไม่มีแดด เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาพิจารณาว่า สภาพอากาศนั้นมีผลต่อการรับส่งสัญญาณระหว่างตัวรับและตัวส่งหรือไม่ ซึ่งสถานที่ที่ใช้ทดสอบคือ บริเวณสนามเทนนิส ดังรูปที่ 3.22 เพื่อลดตัวแปรที่จะส่งผลต่อการรับส่งสัญญาณ คณะผู้จัดทำจึงได้กำหนดให้การทดสอบในแต่ละครั้งจะต้องนำอุปกรณ์ภาครับไปติดตั้งภายในอาคารและอุปกรณ์ภาคส่งติดตั้งภายในรถยนต์ที่เดิมทุกครั้ง แต่ความเร็วที่ใช้ในการขับรถนั้นสามารถเปลี่ยนแปลงได้ตามความเหมาะสม เพราะในการทดสอบที่ 3.4.1 นั้นพิสูจน์แล้วว่าความเร็วของภาคส่งไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณระหว่างภาครับและภาคส่ง ผลการทดสอบที่ได้ ดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 การทดสอบการขาดการติดต่อในสภาพอากาศแบบต่างกัน

สภาพอากาศ	ระยะทางที่ภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อ (เมตร)					ระยะทางเฉลี่ย (เมตร)
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	
ฝนตก	260	240	250	270	230	250
มีแดด	230	260	270	260	250	254
ไม่มีแดด	240	250	250	260	260	252

หมายเหตุ : ทดสอบที่บริเวณสนามเทนนิส

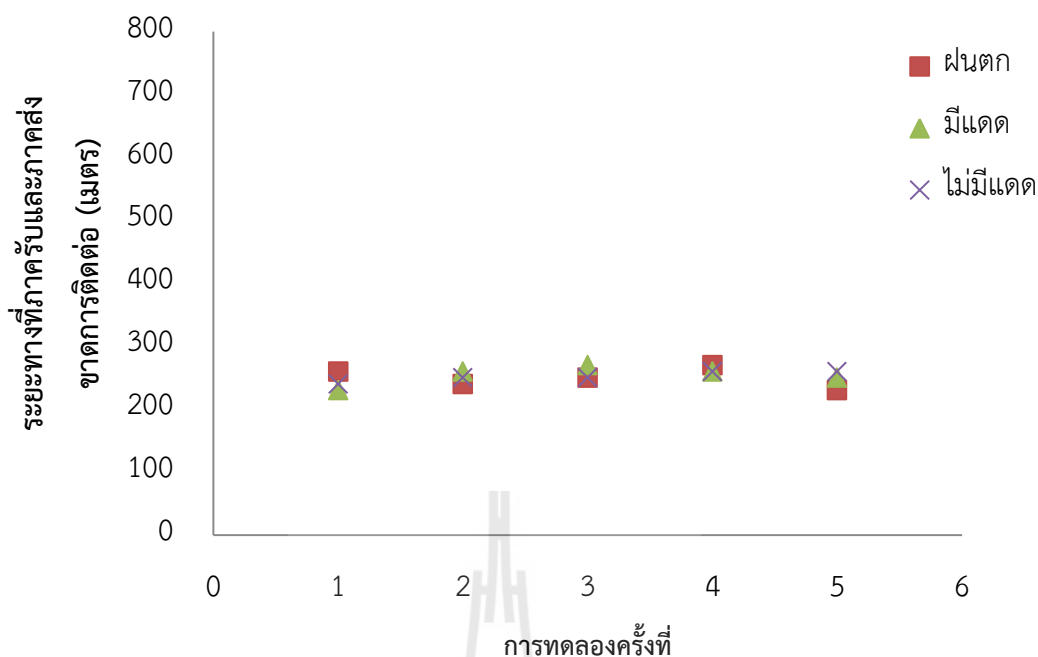




รูปที่ 3.22 ที่ตั้งภาครับในอาคารบริเวณสนามเทนนิส



รูปที่ 3.23 ถนนที่ใช้ทดสอบบริเวณสนามเทนนิส



รูปที่ 3.24 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศต่างๆ

จากผลการทดสอบที่ได้ในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน ซึ่งได้ทำการทดสอบ 5 ครั้ง ดังตารางที่ 3.4 จึงได้นำค่าที่ได้มาพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาพอากาศและระยะห่างระหว่างภาครับและภาคส่ง ดังรูปที่ 3.24

จากการทดสอบในสภาพอากาศที่แตกต่างกัน คือ ผนตก มีแดด และไม่มีแดด เมื่อพิจารณาจากกราฟพบว่าระยะห่างระหว่างภาครับและภาคส่งมีค่าใกล้เคียงกัน ซึ่งค่าเฉลี่ยที่สภาพอากาศต่างๆ ซึ่งได้ทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง จะอยู่ในช่วง 250 – 254 เมตร ซึ่งเป็นค่าที่ใกล้เคียงกันมาก แสดงให้เห็นว่าสภาพอากาศนั้นไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณของชุดอุปกรณ์นี้ เพราะอุปกรณ์ที่ใช้ในการรับส่งสัญญาณของภาครับและภาคส่งนั้นคือ ZigBee ซึ่งจะสามารถทำงานได้ในช่วงอุณหภูมิ -40 องศาเซลเซียส ถึง +85 องศาเซลเซียส แต่ในการทดสอบนี้ สภาพอากาศต่างๆ ยังมีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่ ZigBee สามารถทำงานได้ปกติ ในการทดสอบนี้จึงสามารถสรุปได้ว่าสภาพอากาศต่างๆ ที่มีอุณหภูมิอยู่ในช่วงที่อุปกรณ์สามารถทำงานได้นั้นไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณของภาครับและภาคส่ง

### 3.4.4 การทดสอบระยะทางเริ่มขาดการติดต่อที่ตัวรับอยู่ในอาคารและนอกอาคาร

ในการทดสอบนี้ผู้จัดทำได้พิจารณาในเรื่องของสิ่งกีดขวางคือ กำแพง โดยการติดตั้งชุดอุปกรณ์ภาครับในที่ที่แตกต่างกัน โดยได้ทำการทดสอบ 2 กรณี ได้แก่ การทดสอบระยะห่างระหว่างภาครับและภาคส่งเมื่อติดตั้งภาครับไว้ในอาคาร ดังรูปที่ 3.25 และการทดสอบระยะห่างระหว่างภาครับและภาคส่งเมื่อติดตั้งภาครับไว้ภายนอกอาคาร ดังรูปที่ 3.26 สถานที่ที่ผู้จัดทำเลือกมาเพื่อทำการทดสอบ คือ บริเวณสนามเทนนิส

ซึ่งในการทดสอบนี้เราจะกำหนดให้ใช้ความเร็วในการทดสอบที่ 20 กิโลเมตรต่อชั่วโมง และต้องเปลี่ยนบริเวณที่ติดตั้งอุปกรณ์ภาครับ โดยจะทดสอบในวันเดียวกัน สภาพอากาศเดียวกัน จากผลการทดสอบที่ 3.4.1 และ 3.4.3 พบว่า สภาพอากาศ อุณหภูมิ และความเร็วไม่มีผลต่อระยะห่างระหว่างภาครับและภาคส่ง แต่ต้องทดสอบโดยการติดตั้งภาครับไว้ในอาคารและภายนอกอาคารที่บริเวณสนามเทนนิสเท่านั้น เพราะจากการทดสอบที่ 3.4.2 พบว่าสภาพแวดล้อมที่ต่างกันจะมีสิ่งกีดขวางที่เข้ามามีผลต่อการรับส่งสัญญาณระหว่างภาครับและภาคส่ง ซึ่งในการทดสอบนี้คณะผู้จัดทำจะทำการทดสอบทั้งหมด 5 ครั้ง ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.5



รูปที่ 3.25 การติดตั้งภาครับภายในอาคารบริเวณสนามเทนนิส



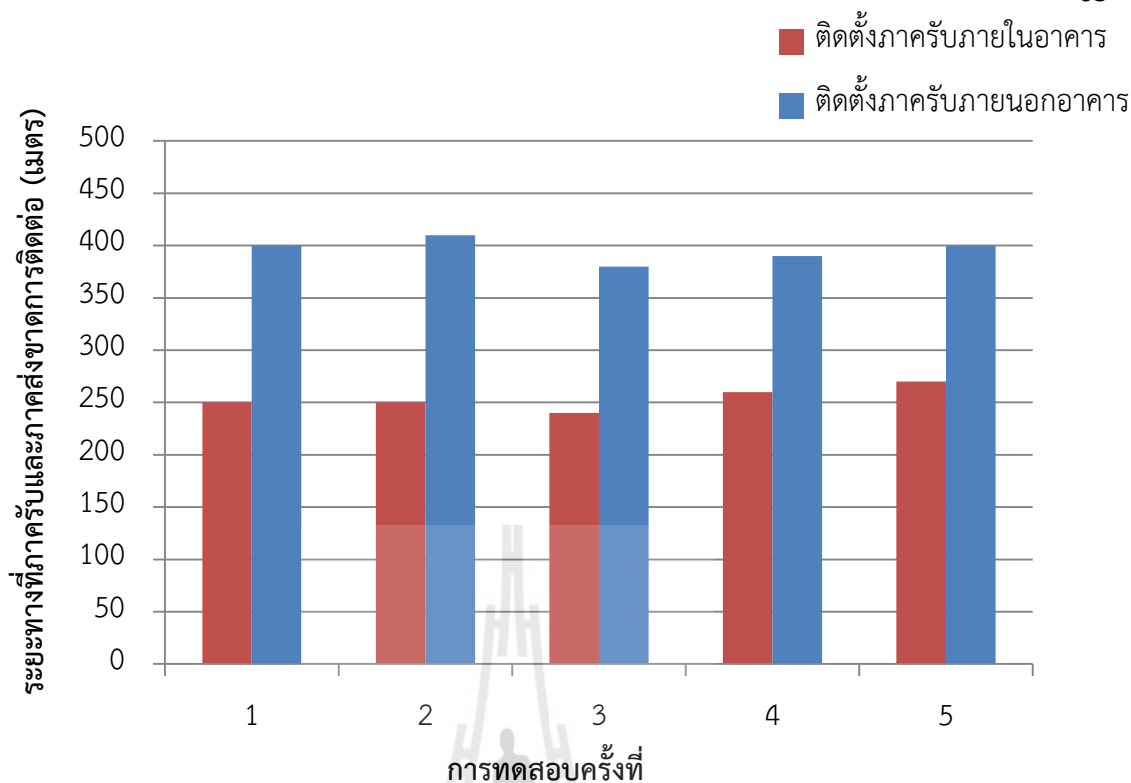
รูปที่ 3.26 การติดตั้งภาครับบนเคาเตอร์ภายนอกอาคารบริเวณสนามเทนนิส

ตารางที่ 3.5 การทดสอบการขาดการติดต่อเมื่อวางตัวรับไว้ในอาคารและภายนอกอาคาร

ติดตั้งภาครับภายในอาคาร		ติดตั้งภาครับภายนอกอาคาร	
ครั้ง	ระยะ	ครั้ง	ระยะ
1	250	1	400
2	250	2	410
3	240	3	380
4	260	4	390
5	270	5	400
ค่าเฉลี่ย	254	ค่าเฉลี่ย	396

หมายเหตุ : ทดสอบที่บริเวณสนามเทนนิส





รูปที่ 3.27 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างการติดตั้งอุปกรณ์ภาครับภายในและภายนอกอาคาร

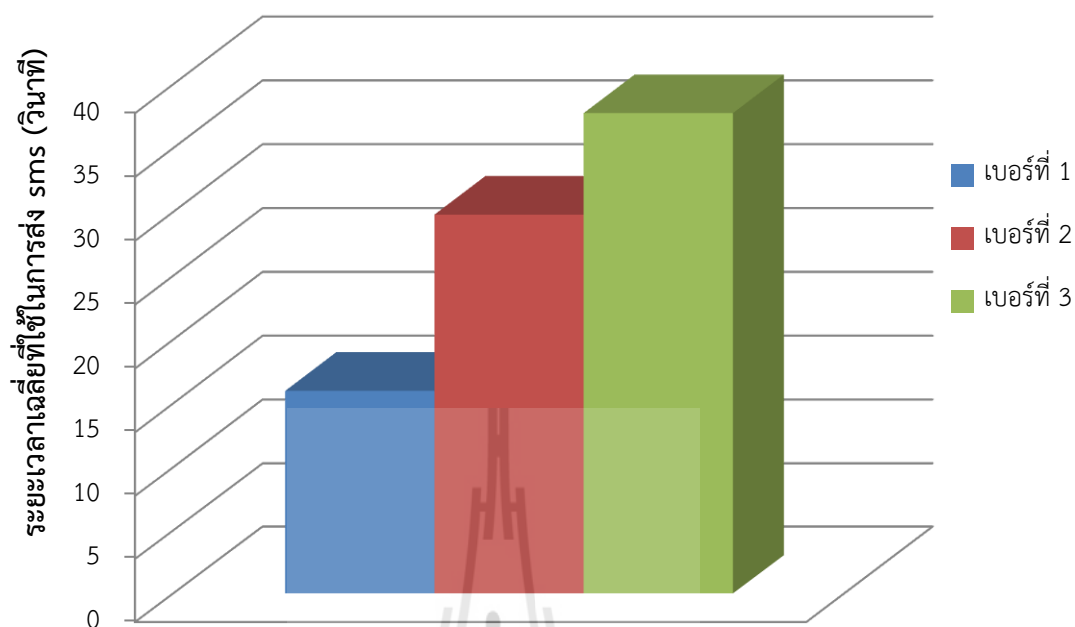
จากการทดสอบซ้ำกัน 5 ครั้ง จะเห็นได้ว่าแผนภูมิที่ได้นั้นระยะทางระหว่างภาครับและภาคส่งกรณีที่ติดตั้งอุปกรณ์ภาครับไว้ภายนอกอาคารระยะทางที่ภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อกันจะมีระยะทางไกลกว่าการติดตั้งอุปกรณ์ภาครับไว้ภายในอาคาร ซึ่งแปลว่าหากติดตั้งอุปกรณ์ภาครับไว้ภายในอาคารที่มีผนังกัน (ซีเมนต์) จะทำให้ความสามารถในการรับส่งข้อมูลระหว่างภาครับและภาคส่งด้อยประสิทธิภาพ ไม่สามารถรับส่งข้อมูลได้เท่ากับตอนที่ไม่มีผนังกัน นั่นคือผนังกันเป็นสาเหตุในการทำให้เกิดการลดทอนของสัญญาณ ดังที่กล่าวถึงในบทที่ 2 หัวข้อที่ 2.9 เรื่องการสูญเสียเนื่องจากสิ่งกีดขวาง

### 3.4.5 เวลาในการส่งข้อมูลแจ้งเตือน GSM Module

ในการทดสอบนี้เป็นการทดสอบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความผ่าน GSM Module ไปยังเบอร์ต่างๆที่ตั้งค่าไว้ ซึ่งในการทดสอบนี้คณะผู้จัดทำได้กำหนดให้ส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อภาครับและภาคส่งขาดการติดต่อกันไปยังเบอร์โทรศัพท์ 3 เบอร์ ซึ่งเบอร์ที่ใช้ในการส่งข้อความ เป็นของผู้ให้บริการ Dtac และเบอร์ของผู้รับคนที่ 1 เป็นของผู้ให้บริการ Dtac แต่เบอร์ของผู้ให้บริการคนที่ 2 และ 3 เป็นของ AIS ซึ่งการทดสอบนี้เราต้องการทราบว่าเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังแต่ละเบอร์ใช้เวลาเท่าไร และเวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความไปยังทั้ง 3 เบอร์อยู่ที่กี่วินาที ได้ผลการทดสอบดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 การทดสอบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความแจ้งเตือนเมื่อขาดการติดต่อ

ครั้งที่	เวลาที่ใช้ในการส่ง sms เมื่อขาดการติดต่อ (วินาที)		
	เบอร์ที่ 1	เบอร์ที่ 2	เบอร์ที่ 3
1	15.99	27.43	37.59
2	16.01	31.27	38.05
3	16.65	30.67	37.83
4	14.87	29.34	35.95
5	16.38	30.22	39.25
เวลาเฉลี่ย (วินาที)	15.98	29.786	37.734



รูปที่ 3.28 แผนภูมิเปรียบเทียบเวลาที่ใช้ในการส่งข้อความ

จากตารางที่ 3.6 เมื่อนำเวลาเฉลี่ยในการส่งข้อความหาในแต่ละเบอร์มาทำเป็นแผนภูมิจะพบว่า ในการทดสอบทั้ง 5 ครั้ง เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการส่งข้อความเสร็จทั้ง 3 เบอร์ จะอยู่ที่ 37.734 วินาที ซึ่งการส่งข้อความหาเบอร์ที่ 1 และ 2 ใช้เวลาประมาณเบอร์ละ 15 วินาที แต่ในเบอร์ที่ 3 ใช้เวลาประมาณ 5 - 10 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้อาจไม่เร็วมากแต่การทำงานของมันนั้นสามารถส่งได้ครบทุกเบอร์ เพราะจากการเขียนโค้ดในครั้งแรกได้กำหนดดีเลย์ของมันน้อยเกินไป ทำให้ GSM Module ทำงานไม่ทัน จึงส่งข้อความหาเพียงเบอร์ที่ 1 และเบอร์ที่ 3 เท่านั้น คณะผู้จัดทำจึงได้ทำการเพิ่มค่าดีเลย์ขึ้นทีละนิดแล้วทดสอบดูว่า GSM Module สามารถทำงานได้ทันหรือไม่ และจากการทดสอบพบว่า เครือข่ายของผู้ใช้ไม่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการส่ง SMS เพราะเบอร์ที่ 1 และเบอร์ที่ 2 นั้น มีเวลาเท่ากันทุกๆ ที่เป็นคนละเครือข่าย และเบอร์ที่ 2 และเบอร์ที่ 3 นั้นก็เวลาต่างกัน ทั้งๆ ที่เป็นเครือข่ายเดียวกัน

### 3.5 กล่าวสรุป

ชุดอุปกรณ์ต้นแบบนี้เป็นอุปกรณ์ที่ส่งสัญญาณไร้สาย โดยใช้ ZigBee รุ่น SZ05-Pro GSM Module SIM800L ในการส่งข้อความแจ้งเตือน บอร์ด Arduino UNO R3 ในการควบคุมการทำงาน ในภาคส่งและบอร์ด Arduino MEGA 2560 R3 ในภาครับ ในที่นี้ใช้ ZigBee ในการรับส่งสัญญาณ 2 ตัว แบ่งเป็น ภาครับ 1 ตัว และภาคส่ง 1 ตัว โดยภาคส่งจะทำการส่งข้อมูลหากันตลอดเวลา ในที่นี้ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบการรับส่งสัญญาณในสถานการณ์ ความเร็ว สภาพอากาศ และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน เพื่อทดสอบว่าปัจจัยดังที่กล่าวมานี้ มีผลต่อการรับส่งสัญญาณหรือไม่ ซึ่งผลที่ได้พบว่า ความเร็ว ไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณ โดยพบว่า ระยะทางที่ภาคส่งจะส่งข้อมูลหาภาครับนั้นอยู่ในช่วง 246 เมตร ถึง 250 เมตร ในบริเวณพื้นที่ทดสอบเดียวกัน เมื่อภาคส่งออกห่างจากภาครับไกลกว่า 250 เมตร ภาครับจะส่งเสียงเตือน เนื่องจากภาครับไม่ได้รับข้อมูลจากภาคส่ง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าสาเหตุที่ทำให้การส่งข้อมูลถูกลดทอน หรือขาดหายไปนั้น เกิดจากสิ่งกีดขวาง สภาพแวดล้อม เช่น กำแพง ต้นไม้ อาคาร รถยนต์ ฯลฯ ซึ่งระยะที่ภาคส่งไม่สามารถส่งข้อมูลหาภาครับได้นั้นขึ้นกับปัจจัยสิ่งกีดขวาง และสภาพแวดล้อมที่แตกต่างกันในแต่ละพื้นที่ ดังการทดสอบที่ผู้จัดทำได้ทำการทดสอบไว้ข้างต้น



## บทที่ 4

### ข้อสรุปของโครงการ

#### 4.1 บทนำ

เนื้อหาในบทนี้เป็นการกล่าวถึงบทสรุปของโครงการชุดอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ ซึ่งเนื้อหาในบทนี้แบ่งออกเป็นหัวข้อย่อยดังนี้ 4.1 บทนำ 4.2 ปัญหาที่พบในขณะการทำงานของอุปกรณ์และวิธีการแก้ไข 4.3 ข้อเสนอแนะ 4.4 แนวทางในการพัฒนา 4.5 บทสรุปของโครงการ

#### 4.2 ปัญหาที่พบในขณะการทำงานของอุปกรณ์และวิธีการแก้ไข

ในการทำโครงการชุดอุปกรณ์การป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความนั้นพบว่าปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นทั้งหมดทางผู้จัดทำโครงการได้รวบรวมปัญหาและวิธีการแก้ไข ซึ่งแสดงไว้ดังตาราง 4.1 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 4.1 ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะการทำงานและวิธีการแก้ไข

ปัญหาที่พบในขณะดำเนินงาน	วิธีการแก้ไข
1. บอร์ดเกิดความร้อนเนื่องจากการใช้งานเป็นเวลานานติดต่อกัน	มีช่องระบายอากาศของกล่องอุปกรณ์ภาคส่งและภาครับ ติดตั้งอุปกรณ์ไว้ในบริเวณที่มีอากาศถ่ายเทไม่ร้อน
2. อุปกรณ์ไม่สามารถส่งข้อความแจ้งเตือนมายังผู้ใช้ได้	หากไม่ได้ใช้งานเป็นประจำต้องตรวจสอบการตั้งค่าการใช้งานของซิมการ์ดและผู้ใช้ควรทำการเช็คยอดเงินคงเหลือให้สามารถใช้งานได้อย่างสม่ำเสมอ

### 4.3 ข้อเสนอแนะ

1. การเลือกใช้งานอุปกรณ์ชิปปีควรเลือกชิปปีที่มีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับการใช้งาน รวมทั้งสายอากาศที่มีหลายประเภทก็ควรเลือกให้มีขนาดเหมาะสมกับงาน
2. การใช้งานบอร์ด Arduino ผู้ใช้ควรศึกษาเกี่ยวกับโค้ดคำสั่งที่ใช้ควบคุมการทำงานของบอร์ด Arduino ให้เข้าใจอย่างละเอียด
3. การเลือกใช้งาน GSM Module ควรเลือกรุ่นที่มีคุณสมบัติเหมาะสมตรงกับที่ต้องการจะใช้งาน

### 4.4 แนวทางในการพัฒนา

เนื่องจากตัวอุปกรณ์ต้นแบบนี้มีการแจ้งเตือนด้วยเสียงและข้อความเท่านั้น ในอนาคตอาจเพิ่มการบอกตำแหน่งไว้ในภาคส่งโดยใช้ GPS เพื่อบอกตำแหน่งของรถยนต์ที่ถูกโจรกรรมให้แก่เจ้าของรถหรือผู้ใช้งานให้รับทราบถึงตำแหน่งของรถที่สูญหาย และการต่อแบตเตอรี่ให้กับอุปกรณ์ภาครับเนื่องจากอุปกรณ์ภาครับไม่มีแบตเตอรี่สำรองสำหรับจ่ายไฟในกรณีที่เกิดไฟฟ้าภายในอาคารหรือหอพักขัดข้อง ทั้งนี้อุปกรณ์ต้นแบบนี้สามารถนำไปปรับใช้งานกับรถจักรยานยนต์และรถยนต์ทุกประเภท

### 4.5 บทสรุปของโครงการ

โครงการชุดอุปกรณ์ป้องกันการโจรกรรมรถยนต์ด้วยเสียงและข้อความ ได้จัดทำชุดอุปกรณ์ต้นแบบที่สามารถใช้งานได้จริง และใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ โดยจากการทำโครงการและทำการทดลองพบว่า สภาพอากาศความเร็วในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ไม่มีผลต่อการรับส่งสัญญาณ สิ่งที่มีผลคือสภาพแวดล้อมบริเวณพื้นที่ที่ใช้งาน และจุดติดตั้งชุดอุปกรณ์ บางพื้นที่ที่ทำการทดลองนั้นมีสิ่งกีดขวางบางพื้นที่เป็นบริเวณพื้นที่โล่ง ซึ่งทำให้ได้ค่าระยะทางที่อุปกรณ์ภาคส่งกับอุปกรณ์ภาครับขาดการติดต่อกันนั้นแตกต่างกัน เนื่องจากมีสิ่งกีดขวาง กำแพง ต้นไม้ อาคาร มาบดบังทำให้สัญญาณนั้นเกิดการถูกลดทอนลงไป ทำให้ระยะทางที่ขาดการติดต่อของสัญญาณในบริเวณที่มีสิ่งกีดขวางนั้นมีระยะทางสั้นกว่าพื้นที่โล่ง ซึ่งได้แสดงไว้ในตารางผลการทดลอง และการติดตั้งอุปกรณ์ภาครับไว้ในตัวอาคารซึ่งมีผนังห้องหรือกำแพงมาบดบังในการรับสัญญาณและส่งสัญญาณก็จะทำให้ได้ระยะทางที่ขาดการติดต่อนั้นสั้นกว่าการติดตั้งไว้ภายนอกอาคารซึ่งได้แสดงไว้ในผลการทดลองเช่นกัน ซึ่งปัจจัยที่กล่าวมานี้มีผลต่อการรับสัญญาณและการส่งสัญญาณ เพราะเมื่อสัญญาณเกิดขาดการติดต่ออุปกรณ์ภาครับจะทำการแจ้งเตือนทันที

## เอกสารอ้างอิง

- [1] สำนักคอมพิวเตอร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2558. โครงสร้างของเครือข่าย. (ออนไลน์).  
แหล่งที่มา : <http://tutor.msu.ac.th/blog/network-topology>. 21 สิงหาคม 2558
- [2] บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. 2558. Zigbee and Xbee BASIC ตอน Zigbee คืออะไร.  
(ออนไลน์). แหล่งที่มา : <http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/basic-electronics/what-is-zigbee.html>. 21 สิงหาคม 2558
- [3] 322462 Internetworking ICT KKU. 2558. หลักการทำงานของ zigbee. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<https://sites.google.com/site/322462wirelesspan/wireless-personal-area-network/thekhnologyi-thi-keiywkhxng-kab-wireless-pan/zigbee>. 21 สิงหาคม 2558
- [4] Shanghai Shuncom Electronic Technology Co.,Ltd. 2558. The user manual for the series of SZ05 ZigBee Embedded Module. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.tato.ind.br/files/SZ05%20product%20manual.pdf>. 22 สิงหาคม 2558
- [5] Arduino All. 2558. GSM Module SIM800L. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.arduinoall.com/product/561/sim800l>. 22 สิงหาคม 2558
- [6] HS1AR. 2558. สายอากาศคืออะไร. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.hs1ar.com/board/index.php?topic=4259.0;wap2>. 22 สิงหาคม 2558
- [7] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2558. ลักษณะการแพร่กระจายของคลื่นวิทยุ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.neutron.rmutphysics.com/physicsboard/forum/index.php?topic=651.0>. 23 สิงหาคม 2558
- [8] บอย วีระ. 2558. พารามิเตอร์ของสายอากาศ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<https://www.academia.edu/11626486/2.1>. 23 สิงหาคม 2558
- [9] นายปารเมศ คุ่มพลาย. 2558. สายอากาศโมโนโพล. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://monopoleth.blogspot.com> 23 สิงหาคม 2558

- [10] Maker Zoo Co.,Ltd. 2558. Arduino UNO R3. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.makerzoo.me/store/arduino-uno-r3>. 23 สิงหาคม 2558
- [11] บริษัท วินัส ซัพพลาย จำกัด. 2558. Arduino Mega 2560. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.thaieasyelec.com/products/development-boards/arduino/official-boards-made-in-italy/arduino-mega-2560-detail.html>. 24 สิงหาคม 2558
- [12] Arduitrronics. 2558. Software Arduino Environment. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.arduitronics.com/article>. 24 สิงหาคม 2558
- [13] วิเศษ ศักดิ์ศิริ. 2558. การสูญเสียพลังงานของคลื่นในอากาศ. (ออนไลน์). แหล่งที่มา :  
<http://www.it.kmutnb.ac.th/journal/pdf/vol3/ch3-10.pdf>. 24 สิงหาคม 2558
- [14] บัณฑิต ไรจน์อารยานนท์. (2539). วิศวกรรมไมโครเวฟ. สถานที่พิมพ์: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.





## ประวัติผู้เขียน



นายชนโชค ศรีสุวรรณ เกิดเมื่อวันศุกร์ที่ 17 กันยายน พ.ศ.2536  
ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลหนองหญ้าไซ อำเภอนองหญ้าไซ จังหวัดสุพรรณบุรี  
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกรรณสูตศึกษาลัย อำเภอ  
เมือง จังหวัดสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ.2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีสุรนารี โทร 09-1408-0348



นางสาวณัฐฐิณี คำจันทร์ เกิดเมื่อวันพุธที่ 4 สิงหาคม พ.ศ.2536  
ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนกัลยาณวัตร อำเภอเมือง จังหวัดขอนแก่น  
เมื่อปี พ.ศ.2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4 สาขาวิศวกรรม  
โทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี  
โทร 08-7435-2304



นายสุกฤษ ทองขาว เกิดเมื่อวันพฤหัสบดีที่ 19 สิงหาคม พ.ศ.  
2536 ภูมิลำเนาอยู่ที่ ตำบลในเมือง อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา  
สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษาจากโรงเรียนราชสีมาวิทยาลัย อำเภอ  
เมือง จังหวัดนครราชสีมา เมื่อปี พ.ศ.2554 ปัจจุบันเป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 4  
สาขาวิศวกรรมโทรคมนาคม สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัย  
เทคโนโลยีสุรนารี โทร 09-8104-8865